The background of the entire page is a deep space photograph. It features a dense field of stars, some appearing as bright, multi-pointed sources of light. Interspersed among the stars are large, ethereal clouds of gas and dust, known as nebulae. These clouds exhibit a variety of colors, including deep blues, vibrant greens, and warm oranges, suggesting different temperatures and chemical compositions. The overall effect is one of vastness and the dynamic nature of the universe.

meteor csillagászati évkönyv 1998

Születő
bolygórendszerek
az Orion-ködben



B1



B2



B3

Meteor csillagászati évkönyv 1998

meteor csillagászati évkönyv 1998

szerkesztők:

Rékasi János

Hod Áron

Moser Árpád

Tóth László

Meteor Csillagászati Egyesület
Budapest, 1997

meteor csillagászati évkönyv 1998

szerkesztette:

Benkő József
Holl András
Mizser Attila
Taracsák Gábor

Magyar Csillagászati Egyesület
Budapest, 1997



Az évkönyv összeállításában közreműködött:

Jean Meeus (Belgium)

Sárneczky Krisztián

Szakmailag ellenőrizte:

Csaba György Gábor

Szabados László

Műszaki szerkesztés és illusztrációk:

Taracsák Gábor

A szerkesztés és a kiadás támogatói:

MLog Műszereket Gyártó és Forgalmazó Kft.

MTA Csillagászati Kutatóintézete

Nógrád Megyei Csillagászati Alapítvány

Horváth Ferenc

Horváth Tibor

ISSN 0866-2851

Felelős kiadó: Mizser Attila

Készült a G-PRINT BT. nyomdájában

Felelős vezető: Wilpert Gábor

Terjedelem: 17.75 ív + 4 oldal melléklet

Példányszám: 4000

1997. október

Tartalom

Bevezető	7
Használati útmutató	8

Táblázatok

Jelenségnaptár	14
A bolygók kelése és nyugvása (ábra)	38
A bolygók adatai	40
A bolygók kitérése a Naptól (ábra)	53
A bolygók ekliptikai koordinátái	54
Julián-dátum táblázat	57
A bolygók elhelyezkedése a Nap körül (ábra)	58
A Nap adatai	60
A Hold adatai	68
Jupiter-holdak	76
Szaturnusz-holdak	87
Kisbolygók	90
Üstökösök	95
1996 üstökösei	99
Meteorrajok	101
Fogyatkozások, fedések	103
A Hold csillagfedései	104
Csillagkatalógus J1998.5-re	108
Szupernóva-katalógus	115

Cikkek

A csillagászat legújabb eredményei	121
Szabados László: Búcsú az IUE-től	155
Kolláth Zoltán – Jean-Philippe Beaulieu: A mikrolense programok néhány változócsillagászati eredménye	167
Frey Sándor: Rádiógalaxisok és kvazárok: égi háromszögelési pontok ...	178
Érdi Bálint: Új eredmények a Naprendszer égi mechanikájában	188

Vinkó József – Szatmáry Károly – Kaszás Gábor – Kiss László:	
A csillagok színeképe	204
Bartha Lajos: A távcsővilág dinoszauruszai: az óriásrefraktorok	222

Beszámolók

Magyar Csillagászati Egyesület	252
MTA Csillagászati Kutatóintézete	258
ELTE Csillagászati Tanszéke	265
Bács-Kiskun Megyei Önkormányzat Csillagvizsgáló Intézete	268
TIT Budapesti Planetárium	272

A címlapon

Az Orion-köd a Hubble űrtávcső felvételén. A kutatók több mint 150 protoplidot (protoplanetáris korongot), feltételezhetően születő bolygórendszerrel találtak a képen. Ezek közül látható néhány az évkönyv végén, az M7. színes képen. (Mik azok a protolidok? című hírnkhöz)

A belső borítón

B1. ábra. A Mars Pathfinder leszállóhelyének (zöld kereszt) környezete a Hubble űrtávcső felvételén

B2. ábra. A Mars Global Surveyor bolygószonda legelső színes képe a Mars felszínéről: az Olympus Mons

B3. ábra. A Sojourner marsjáró a Maci Laci nevű sziklát vizsgálja

Bevezető

A Magyar Csillagászati Egyesület csillagászati évkönyvsorozatának kilencedik kötete a korábbiakhoz képest jelentősen megváltozott. Áttértünk az ediginél olcsóbb, de ennek ellenére biztonságosabb és — reményeink szerint — jobb minőségű nyomatot eredményező nyomdai előkészítő eljárásra. Az új technológia szükségessé tette az évkönyv teljes tipográfiájának és tördelésének újratervezését. Ennek során a jobb olvashatóság érdekében a szövegek betűméretét kissé megnöveltük, betűtípusát pedig egy esztétikusabb változatra cseréltük. A lapok tetejére élőfej került, számos táblázat fejlécét vagy címét egyértelműbbé tettük. Az Interneten elérhető csillagászati képanyag gazdagsága pedig szinte kikényszerítette a színes nyomású oldalak számának növelését.

Egy könyvsorozatnak — főleg a rendszeres olvasók szempontjából — fontos tulajdonsága az állandóság. Az évkönyv esetében azonban kénytelenek vagyunk kisebb-nagyobb mértékben véteni e fontos alapelv ellen. Ennek több oka is van. Az egyesület — főleg az első időkben — igen szűkös anyagi lehetőségek mellett vállalta az évkönyv kiadásának terheit. A szerkesztést nem főállású munkatársak végzik, így a munkaigényes fejlesztésekre évente csak korlátozott időt tudunk fordítani. A rendelkezésünkre álló számítástechnikai eszközöket is csak kis lépésekben volt módunk korszerűsíteni. Mindezek miatt a kezdeti elképzeléseinket csak hosszú évek során, fokozatosan tudjuk megvalósítani. Emellett rendszeresen kapunk olyan hasznos észrevételeket az évkönyv felhasználóitól, amiket szintén érdemes figyelembe venni.

Az 1997-es kötetben egy kérdőívet helyeztünk el, amiben az olvasók véleményét kérdeztük. Sajnos mindössze 56 kérdőívet kaptunk vissza, így a válaszokból messzemenő következtetéseket nem vonhatunk le. A jó ötleteket és a válaszadók többsége által képviselt véleményeket azonban részben már a mostani változtatásoknál is felhasználtuk, illetve figyelembe vesszük a további kötetek szerkesztése során. Köszönjük mindazok fáradozását, akik a kérdőív visszaküldésével segítették munkánkat, és a jövőben is köszönettel fogadunk minden észrevételt, javaslatot.

Ma sem mondhatjuk tehát, hogy elértük a tökéletes állapotot, és az évkönyv a jövőben már nem fog változni. A hagyományörzés és újítás arányát azonban továbbra is megpróbáljuk elfogadható határon belül tartani, hogy a változások mérlege az olvasók számára egyértelműen kedvező legyen.

Használati útmutató

Az évkönyv első felében kaptak helyet a naptári alapadatok, havonkénti csoportosításban: a Nap és Hold keltének és nyugtának időpontja, a hónap fontosabb csillagászati eseményei, a bolygók láthatósága, a hónap csillagos égboltja. Ezt követik azok az információk, amelyek csillagászati számításokhoz és az amatőr észlelmunkához szükségesek: a Nap, a Hold és a bolygók koordinátái és fizikai adatai, valamint a különféle segéd táblázatok. Végül pedig a speciális észlelési területeken használható előrejelzéseket és adatokat találjuk: fogyatkozásokról, fedésekről, kisbolygókról, meteorrajokról, üstökösökről és egyéb témákról. A táblázatok és adatok Magyarország közepes földrajzi koordinátáira vonatkoznak:

földrajzi hosszúság $\lambda = +19^{\circ}0$

földrajzi szélesség $\varphi = +47^{\circ}5$

Minthogy hazánk kiterjedése nem nagy, az évkönyv táblázatai jó közelítéssel használhatók az egész ország területén. A Föld forgásával kapcsolatos időadatoknál egy fok földrajzi hosszúságkülönbség 4 időperc eltérést jelent. A kelési, delelési és nyugvási időpontok esetében tehát a 19° hosszúsági körtől keletre fokonként négy perccel le kell vonni a táblázat időadatából, nyugat felé pedig ugyanennyit hozzá kell adni. Pontos észleléseknél természetesen a koordinátakülönbségből adódó eltéréseket megfelelő számításokkal kell figyelembe venni.

Az időpont-adatok többsége világidőben (UT) szerepel, az egyéb számértékek pedig általában a megadott napon 0^h UT-re vonatkoznak. Erre a táblázatok fejlécében elhelyezett UT, ill. 0^h UT jelzés is utal.

A naptár rész minden időpont-adatát, valamint a bolygók kelési, delelési és nyugvási időpontjait közép-európai időben (KÖZEI) adtuk meg. A táblázatok fejlécében a KÖZEI felirat utal erre. A nyári időszámítás (NYISZ) tartama alatt az érintett időpont-adatoknál az óra és a perc közötti csillag (pl. 16^h33) és egy lábjegyzet figyelmeztet arra, hogy a KÖZEI-ben megadott értékhez egy órát hozzá kell adni. A nyári időszámítás várhatóan 1998.03.29., vasárnap hajnali 2^h KÖZEI-től (3^h NYISZ) 1997.10.25., vasárnap hajnali 3^h NYISZ-ig (2^h KÖZEI) lesz érvényben.

Csillagidő-táblázat két helyen szerepel az évkönyvben. A naptár részben található a 19° -os földrajzi hosszúság helyi csillagideje 0^h KÖZEI-kor, amit első-

sorban az észlelők használhatnak kényelmesen. Hozzávetőleges tájékozódásra ehhez elegendő hozzáadni az óránk által mutatott időt, és így néhány perc pontossággal megkapjuk a helyi csillagidő pillanatnyi értékét. A nyári időszámítás alatt az így kapott időpontot egy órával csökkenteni kell. Ugyanez az adat leolvasható a belső bolygók kelését és nyugvását feltüntető ábráról is. Ha nagyobb pontosságra van szükség, a helyi csillagidő értékét a táblázat két szomszédos értéke közötti lineáris interpolációval kapjuk meg. Ehhez még hozzá kell adnunk megfigyelőhelyünk földrajzi hosszúságának megfelelően fokenként 4 perc korrekciót, csak most keletre pozitív, nyugatra negatív előjellel. A másik, a Nap adatainál szereplő csillagidő érték pedig a szokásos greenwichi csillagidő 0^h UT-kor.

A Nap, a Hold és (a Plútó kivételével) a bolygók egyenlítői koordinátái (RA, D) a pillanatnyi epochára, azaz az égi egyenlítő és a tavaszpont pillanatnyi helyére vonatkoznak. Az égi egyenlítő és a tavaszpont azonban a precesszió miatt elmozdul. Ha tehát pl. az említett koordinátákat csillagtérképre akarjuk vinni, ki kell számolni és figyelembe kell venni a térkép epochája (pl. B1950.0 vagy J2000.0) és a koordináta-adat időpontja közötti időkülönbségnek megfelelő precessziós eltérést.

A Plútó, a kisbolygók és az üstökösök egyenlítői koordinátái J2000.0 epochára szerepelnek, így ezeket egy ilyen jelzésű csillagtérképre közvetlenül át lehet vinni.

A bolygók heliocentrikus ekliptikai koordinátái (λ , β) is az ekliptika és a tavaszpont pillanatnyi helyét veszik alapul.

Kelési, illetve nyugvási időpontnak a táblázatokban azt a pillanatot tekintjük, amikor az égitest korongjának felső széle — a légköri refrakció elméleti értékének figyelembevételével — érinti a látóhatárt.

A fázis rovatban szereplő adat azt adja meg, hogyan aránylik az égitest korongjának megvilágított területe a teljes korong területéhez.

A pozíciószög (P) az égi északi iránytól K–D–Ny körüljárással, 0 – 360° -ig mért szög (bizonyos táblázatokban azonban az észlelési hagyományokat figyelembe véve $\pm 180^\circ$ -ig mérjük). A fényesebb égitest középpontjához viszonyítjuk a halványabbik elhelyezkedését. Az égi északi irányt az égitesten és az égi pólusokon áthaladó főkör jelöli ki, ami általában nem egyezik meg pontosan sem az égitest északi pólusának, sem a terminátor északi végpontjának irányával!

A naptár minden időadata KÖZEI-ben szerepel. Az első oszlopban található a nap sorszáma a hónapban, a nap nevének rövidítése és a nap sorszáma az év első napjától számítva. Szerepel a hetek szabvány szerinti sorszáma is. A helyi csillagidő 19° hosszúságra és 0^h KÖZEI-re vonatkozik. A holdfázis grafikus ábrázolása az adott naptári nap délre kerekített érték alapján készült. Mellette olvasható a négy fő holdfázis pontos időpontja. A táblázat alatt a hó-

nap legfontosabb csillagászati eseményeinek, látnivalóinak felsorolása kapott helyet, ami szükség esetén a szemközti oldal alján folytatódik.

Jobb oldalon az esti égbolt vázlatos képe szerepel, egy órával napnyugta után. Erről megállapíthatjuk, hogy mely bolygók és csillagképek figyelhetők meg az adott időszakban sötétedéskor, és az ég mely részén. Ezt a bolygók láthatóságára vonatkozó információ követi. Az oldalsó ábra pedig azt mutatja, milyen látványt nyújtanak a bolygók a hónap közepén, csillagászati távcsőben. Az egységes méretarányban készült rajzokról leolvasható a bolygók látszó mérete, tengelyük iránya, egyenlítőjük, terminátoruk helyzete.

A **bolygók kelését és nyugvását** bemutató ábrákról közelítő pontossággal leolvasható a Nap keltének és nyugtának időpontja, a navigációs szürkület időtartama és a 19° keleti hosszúságra vonatkozó helyi csillagidő is. A nyári időszámítás alatt ezeknél az ábráknál is figyelembe kell venni az egy óra korrekciót!

A **bolygók** táblázataiban a kelés, delelés és nyugvás KÖZEI-ben megadott időpontját (a nyári időszámítás idején itt is * jel figyelmeztet az egy óra hozzáadására), a pillanatnyi egyenlítői koordinátákat, a Földtől mért távolságot, a látszó fényességet és szögátmérőt, a fázist és a Naptól mért szögtávolságot találjuk. Az erősen lapult óriásbolygóknál a szögátmérő az egyenlítőre vonatkozik. A Szaturnusznál szerepel a gyűrű kistengelyének látszó szögmérete is (a nagytengely mindig a korong átmérőjének 2.26-szorosa). Amikor a gyűrű kistengelyének számértéke negatív, a déli oldalára látunk rá a gyűrűnek. A fizikai adatok mindegyike az adott nap 0^h UT-re érvényes.

A **centrálmeridián** táblázatok adják meg, hogy a bolygó felszíni koordináta-rendszerében melyik hosszúsági kör halad át az adott nap 0^h UT-kor a Földről látott bolygókorong középpontján. A centrálmeridiánnak a megfigyelésünk pillanatában érvényes planetografikus hosszúságát a hosszúságváltozást megadó segéd táblázatokból, interpolációval kaphatjuk meg. A Jupiter nem merev testként forog, ezért esetében az I. rendszer az egyenlítői vidékre, a II. rendszer a mérsékelt éghajlati övnek megfelelő részekre vonatkozik.

Az **Uránusz és Neptunusz keresőtérképe** a bolygók megtalálását segíti az égen. A látszó pálya kezdeténél lévő korong mutatja a bolygó átlagos fényességét. A pálya mentén lévő számok a bolygó helyét jelölik a megfelelő sorszámu hónap első napján 0^h UT-kor. A kisebb osztások a hónap elejétől eltelt 5 napos időközöknek felelnek meg.

A **bolygók Naptól való kitérését** feltüntető ábráról leolvasható a kitérés szöge és iránya, valamint hozzávetőleges pontossággal az is, hogy melyik csillagképben halad a bolygó a keresett időpontban.

A **bolygók ekliptikai koordinátái** a pillanatnyi heliocentrikus ekliptikai hosszúságot és szélességet, valamint a bolygók Naptól mért távolságát adják meg. Bár az ekliptika voltaképpen a Föld pályasíkja, a Föld ekliptikai széles-

sége mégis mutat ívmásodperc nagyságú eltérést a 0 értéktől. Ezt a Hold és a bolygók gravitációs hatása okozza.

A Julián-dátum táblázatból tetszőleges időpontra megállapítható a JD értéke, azaz egy megállapodás szerinti (de egyébként önkényesen megválasztott) időponttól, i. e. 4713.01.01. 12^h UT-től eltelt napok száma. Egy tetszőleges időpontadat JD-re való átszámítását a tizednap segédtáblázat könnyíti meg.

A bolygók Nap körüli elhelyezkedését bemutató ábrák a bolygók pálya menti helyzetét mutatják az év egyes hónapjainak kezdetén.

A Nap adatai között megtaláljuk a pillanatnyi egyenlítői koordinátáit, a Földtől mért távolságát, látszó szögátmérőjét, geocentrikus ekliptikai hosszúságát. A csillagidő a greenwichi kezdő délkörre vonatkozik 0^h UT-kor. Az utolsó oszlopokban a Földről látott napkorong középpontjának a napfelszíni koordináta-rendszerben mért koordinátái: heliografikus hosszúsága és szélessége, valamint a Nap forgástengelyének pozíciószöge kapott helyet.

A Hold adatai táblázatban a pillanatnyi egyenlítői koordinátái, a Földtől mért távolsága, látszó szögátmérője és fázisa szerepel. Ezt követi a hajnali terminátor és a holdi egyenlítő metszéspontjának szelenografikus hosszúsága (*colongitudo*), amit az észlelési hagyományoknak megfelelően nyugati irányba, 0–360°-ig mérünk. Az utolsó oszlopokban a Földről látott holdkorong középpontjának a holdfelszíni koordináta-rendszerben mért koordinátái: szelenografikus hosszúsága és szélessége, valamint a Hold forgástengelyének pozíciószöge található.

A Jupiter-holdak mozgását feltüntetető ábráról tetszőleges időpontra leolvasható a holdak elhelyezkedése a bolygó körül. A középen látható kettős függőleges vonal a bolygókorong méretét jelzi. A táblázatokban a holdak Budapestről megfigyelhető jelenségei szerepelnek.

A Szaturnusz-holdak megfigyeléséhez megadjuk a legnagyobb keleti kitérések időpontját UT-ben. A Titán és a Japetus esetében mindkét kitérés időpontja szerepel. A holdak megtalálását ábra könnyíti meg.

A kisbolygók táblázataiban az év során látható legfényesebb kisbolygók J2000.0 epochára vonatkozó koordinátáit és látszó fényességét találjuk a legkedvezőbb megfigyelési időszakra.

Az üstökösök táblázataiban a J2000.0-re vonatkozó koordináták, a Naptól, illetve a Földtől mért távolság, a Naptól való kitérés szöge és a várható fényesség szerepel. Az összes ismert és sorszámozott periodikus üstökös fontosabb adatait tartalmazó összefoglaló táblázat az 1997-es évkönyvben található.

Az 1996. év üstököseiről készült összeállítás részletes magyarázata a táblázat mellett található.

A meteorrajok táblázatában az év során megfigyelhető fontosabb rajok jellemzőit foglaltuk össze.

A **fogyatkozások és fedések** cím alatt olvashatjuk a nap- és holdfogyatkozásoknak, valamint a Hold bolygófedéseinek adatait.

Külön táblázat tartalmazza a **Hold csillagfedéseit**, amelynek részletes magyarázata a táblázat mellett olvasható.

A **csillagkatalógus** elsősorban azok számára készült, akiknek nagy pontoságú koordinátákra van szükségük. A táblázat alapját az FK5 (*Fundamental Katalog 5*) adatai képezik. A -30° deklinációnál északabbra elhelyezkedő és 4^m0 -nál fényesebb csillagok adatait tartalmazza. A csillagok egyenlítői koordinátái az év közepére vonatkoznak, a pontos epocha a táblázat végén szerepel. A számítás során a precessió hosszú periódusú tagját és a csillag sajátmozgását vettük figyelembe. A koordináták egy évre eső változása szintén e két mozgás együttes hatását tartalmazza. A sajátmozgás értékek 100 évre vonatkoznak. Végül megtalálható a csillag radiális sebessége, parallaxisa (melynek reciproka a parszekben mért távolságot adja) és vizuális fényessége.

Az **extragalaktikus szupernóvák** táblázatában az 1996-ban felfedezett szupernóvák kaptak helyet.

Jelek és rövidítések

Holdfázisok, bolygók

●	újhold
◐	első negyed
◯	holdtölte
◑	utolsó negyed
♿	Merkúr
♀	Vénusz
♂	Mars
♃	Jupiter
♄	Szaturnusz
♅	Uránusz
♆	Neptunusz
♇	Plútó

Állatövi csillagképek

♈	Kos (Aries)
♉	Bika (Taurus)
♊	Ikrek (Gemini)
♋	Rák (Cancer)
♌	Oroszlán (Leo)
♍	Szűz (Virgo)
♎	Mérleg (Libra)
♏	Skorpió (Scorpius)
♐	Kígyóartó (Ophiuchus)
♑	Nyilas (Sagittarius)
♒	Bak (Capricornus)
♓	Vízöntő (Aquarius)
♈	Halak (Pisces)

A táblázatokban használt jelölések

λ	földrajzi hosszúság (ekliptikai hosszúság is)	b	a Szaturnusz gyűrűjének kistengelye
φ	földrajzi szélesség	J	jelenség
RA	rektaszcenzió	UT	világidő (Universal Time)
D	deklináció	$KÖZEI$	közép-európai idő
λ	ekliptikai hosszúság (földrajzi hosszúság is)	$NYISZ$	nyári időszámítás
β	ekliptikai szélesség	JD	Julián-dátum
r	az égitest távolsága a Naptól	$^h m s$	óra, perc, másodperc
Δ	az égitest távolsága a Földtől	$^{\circ} ' ''$	fok, ívperc, ívmásodperc
\emptyset	látzó szögátmérő	AU	csillagászati egység (Astronomical Unit)
L	a centrálmeridián hosszúsága	C_N	colongitudo
B	a centrálmeridián szélessége	μ_{RA}	sajátmozgás rektaszcenzióban
P	a forgástengely pozíciószöge	μ_D	sajátmozgás deklinációban
m	látzó fényesség	v_{rad}	radiális sebesség
E	a Naptól mért szögtávolság	π	parallaxis

$\lambda = +19^\circ$, $\varphi = 47^\circ 5$

Naptár – január

KÖZEI

dátum	Nap			csillagidő 0 ^h -kor h m s	Hold			fázis h m
	kel	delel	nyugszik		kel	delel	nyugszik	
	h m	h m	h m		h m	h m	h m	
1. hét								
1. cs 1.	7 32	11 48	16 03	6 57 36	9 12	14 18	19 32	●
2. p 2.	7 32	11 48	16 04	7 01 33	9 49	15 13	20 45	●
3. sz 3.	7 32	11 48	16 05	7 05 30	10 23	16 06	21 58	●
4. v 4.	7 32	11 49	16 06	7 09 26	10 54	16 58	23 11	●
2. hét								
5. h 5.	7 32	11 49	16 07	7 13 23	11 25	17 49	—	● 15 18
6. k 6.	7 31	11 50	16 09	7 17 19	11 56	18 41	0 24	●
7. sz 7.	7 31	11 50	16 10	7 21 16	12 30	19 33	1 36	○
8. cs 8.	7 31	11 51	16 11	7 25 12	13 06	20 26	2 46	○
9. p 9.	7 30	11 51	16 12	7 29 09	13 48	21 21	3 55	○
10. sz 10.	7 30	11 51	16 13	7 33 05	14 35	22 15	4 59	○
11. v 11.	7 30	11 52	16 14	7 37 02	15 27	23 09	5 57	○
3. hét								
12. h 12.	7 29	11 52	16 16	7 40 59	16 24	—	6 49	○ 18 24
13. k 13.	7 29	11 53	16 17	7 44 55	17 24	0 01	7 34	○
14. sz 14.	7 28	11 53	16 18	7 48 52	18 26	0 52	8 12	○
15. cs 15.	7 27	11 53	16 20	7 52 48	19 27	1 40	8 45	○
16. p 16.	7 27	11 54	16 21	7 56 45	20 28	2 25	9 14	○
17. sz 17.	7 26	11 54	16 22	8 00 41	21 29	3 09	9 41	○
18. v 18.	7 25	11 54	16 24	8 04 38	22 28	3 52	10 07	○
4. hét								
19. h 19.	7 24	11 55	16 25	8 08 34	23 28	4 34	10 31	●
20. k 20.	7 24	11 55	16 27	8 12 31	—	5 17	10 57	● 20 40
21. sz 21.	7 23	11 55	16 28	8 16 28	0 28	6 00	11 24	●
22. cs 22.	7 22	11 56	16 30	8 20 24	1 29	6 45	11 55	●
23. p 23.	7 21	11 56	16 31	8 24 21	2 30	7 33	12 30	●
24. sz 24.	7 20	11 56	16 33	8 28 17	3 31	8 23	13 11	●
25. v 25.	7 19	11 56	16 34	8 32 14	4 31	9 16	14 00	●
5. hét								
26. h 26.	7 18	11 57	16 36	8 36 10	5 28	10 11	14 56	●
27. k 27.	7 17	11 57	16 37	8 40 07	6 19	11 08	16 01	●
28. sz 28.	7 16	11 57	16 39	8 44 03	7 06	12 05	17 11	●
29. cs 29.	7 14	11 57	16 40	8 48 00	7 46	13 02	18 26	●
30. p 30.	7 13	11 57	16 42	8 51 57	8 23	13 58	19 42	●
31. sz 31.	7 12	11 57	16 43	8 55 53	8 56	14 52	20 57	●

Jelenségek

4. 22^h A Föld napközben.
5. 13^h A Szaturnusz 0°2'-kal északra a Holdtól (fedés, hazánkban nem látható).
6. 16^h A Merkúr legnagyobb nyugati kitérésben (23°).
9. 14^h A Hold elfedi az Aldebarant (hazánkban nem látható).
16. 12^h A Vénusz alsó együttállásban a Nappal.
20. 00^h A Neptunusz együttállásban a Nappal.
21. 02^h A Mars 0°2'-kal délre a Jupitertől.



*Az égbolt látványa a hónap közepén,
egy órával napnyugta után*

A bolygók képe távcsőben

Merkúr: 6-án van legnagyobb nyugati kitérésben, 23° -ra a Naptól. Az év folyamán ekkor kerül megfigyelésre legkedvezőbb helyzetbe. A hónap elején egy és háromnegyed órával kel a Nap előtt, a hajnali, délkeleti horizont fölött látható. Láthatósága a hó második felében gyorsan romlik.

Vénusz: A hó elején még két órával nyugszik a Nap után, ám láthatósága gyorsan romlik. 16-án alsó együttállásban a Nappal, ekkor látszó mérete eléri a $62''$ -et. Az együttállás előtti héten este, majd utána hajnalban, lehetőség nyílik a hajszálvékony vénuszsarló megpillantására. A hó végén már egy és háromnegyed órával kel a Nap előtt, és a hajnali, délkeleti égen tündököl.

Mars: A hónap elején két és fél, a végén két órával nyugszik a Nap után. Napnyugta után látható a Bak, majd a Vízöntő csillagképben.

Jupiter: Napnyugta után még felkereshető a Bak csillagképben. A hó végén már csak egy és negyed órával nyugszik a Nap után.

Szaturnusz: Éjfél körül nyugszik, az éjszaka első felében figyelhető meg a Halak csillagképben.

Uránusz, Neptunusz: A Nap közelsége miatt nem figyelhetők meg. A Neptunusz 20-án, az Uránusz 28-án kerül együttállásba a Nappal.

- | | |
|------------|---|
| 28. 21^h | Az Uránusz együttállásban a Nappal. |
| 29. 18^h | A Jupiter 2° -kal délre a Holdtól. |
| 30. 02^h | A Mars 1.7 -kal délre a Holdtól. |



$\lambda = +19^\circ$, $\varphi = 47^\circ 5'$

Naptár – február

KÖZEI

dátum	Nap			csillagidő 0 ^h -kor h m s	Hold			fázis h m
	kel	delel	nyugszik		kel	delel	nyugszik	
	h m	h m	h m		h m	h m	h m	
5. hét								
1. v 32.	7 11	11 58	16 45	8 59 50	9 28	15 45	22 12	●
6. hét								
2. h 33.	7 09	11 58	16 47	9 03 46	10 00	16 38	23 26	●
3. k 34.	7 08	11 58	16 48	9 07 43	10 33	17 30	—	● 23 53
4. sz 35.	7 07	11 58	16 50	9 11 39	11 09	18 23	0 38	●
5. cs 36.	7 05	11 58	16 51	9 15 36	11 48	19 17	1 46	○
6. p 37.	7 04	11 58	16 53	9 19 32	12 32	20 10	2 51	○
7. sz 38.	7 03	11 58	16 54	9 23 29	13 22	21 03	3 51	○
8. v 39.	7 01	11 58	16 56	9 27 26	14 16	21 55	4 44	○
7. hét								
9. h 40.	7 00	11 58	16 58	9 31 22	15 14	22 45	5 30	○
10. k 41.	6 58	11 58	16 59	9 35 19	16 14	23 34	6 10	○
11. sz 42.	6 57	11 58	17 01	9 39 15	17 15	—	6 45	○ 11 23
12. cs 43.	6 55	11 58	17 02	9 43 12	18 16	0 20	7 16	○
13. p 44.	6 53	11 58	17 04	9 47 08	19 17	1 05	7 44	○
14. sz 45.	6 52	11 58	17 05	9 51 05	20 17	1 48	8 10	○
15. v 46.	6 50	11 58	17 07	9 55 01	21 17	2 30	8 35	○
8. hét								
16. h 47.	6 48	11 58	17 08	9 58 58	22 17	3 12	9 00	○
17. k 48.	6 47	11 58	17 10	10 02 55	23 16	3 55	9 26	○
18. sz 49.	6 45	11 58	17 12	10 06 51	—	4 39	9 55	○
19. cs 50.	6 43	11 58	17 13	10 10 48	0 16	5 25	10 27	○ 16 27
20. p 51.	6 42	11 58	17 15	10 14 44	1 16	6 12	11 04	●
21. sz 52.	6 40	11 58	17 16	10 18 41	2 15	7 03	11 48	●
22. v 53.	6 38	11 58	17 18	10 22 37	3 12	7 56	12 39	●
9. hét								
23. h 54.	6 36	11 57	17 19	10 26 34	4 05	8 51	13 39	●
24. k 55.	6 34	11 57	17 21	10 30 30	4 54	9 47	14 46	●
25. sz 56.	6 33	11 57	17 22	10 34 27	5 37	10 44	15 58	●
26. cs 57.	6 31	11 57	17 24	10 38 24	6 17	11 41	17 15	● 18 26
27. p 58.	6 29	11 57	17 25	10 42 20	6 52	12 37	18 33	●
28. sz 59.	6 27	11 57	17 27	10 46 17	7 26	13 33	19 51	●

Jelenségek

1. 12^h A Szaturnusz 0°6'-kal északra a Holdtól (fedés, hazánkból nem látható).
 2. 12^h A Merkúr 2°-kal délre a Neptunusztól.
 5. 19^h A Hold elfedi az Aldebarant.
 8. 06^h A Merkúr 1°4'-kal délre az Uránusztól.
 20. 03^h A Vénusz legnagyobb fényességben.
 22. 09^h A Merkúr felső együttállásban a Nappal.
 23. 10^h A Jupiter együttállásban a Nappal.
 23. 18^h A Vénusz 1°6'-kal északra a Holdtól.
 26. 18^h Teljes napfogyatkozás, hazánkból nem látható.
 27. 23^h A Mars 0°7'-kal északra a Holdtól (fedés, hazánkból nem látható).



*Az égbolt látványa a hónap közepén,
egy órával napnyugta után*

A bolygók képe távcsőben

Merkúr: A hónap folyamán nem kerül megfigyelésre kedvező helyzetbe. 22-én felső együttállásban a Nappal.

Vénusz: A hajnali égbolt tündöklő látványossága. E hónapban éri el legnagyobb fényességét, $-4^m 6$ -t. Látszó átmérője $52-35''$ között csökken, fázisa 0.1 és 0.3 között növekszik.

Mars: A hó elején kettő, a végén másfél órával nyugszik a Nap után. Az esti égen kereshető fel a Vízöntő, majd a Halak csillagképben.

Jupiter: Helyzete megfigyelésre nem kedvező. 23-án együttállásban a Nappal.

Szaturnusz: Késő este nyugszik, a napnyugta utáni órákban még látható a Halak csillagképben.

Uránusz, Neptunusz: Helyzetük megfigyelésre nem kedvező.



$\lambda = +19^\circ$, $\varphi = 47^\circ 5$

Naptár – március

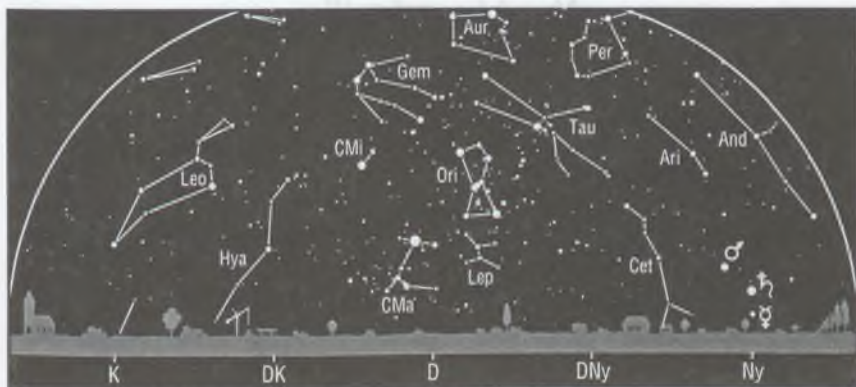
KÖZEI*

dátum	Nap			csillagidő 0 ^h -kor h m s	Hold			fázis h m
	kel,	delel,	nyugszik		kel,	delel,	nyugszik	
	h m	h m	h m		h m	h m	h m	
9. hét								
1. v 60.	6 25	11 56	17 28	10 50 13	7 59	14 28	21 08	●
10. hét								
2. h 61.	6 23	11 56	17 30	10 54 10	8 33	15 23	22 24	●
3. k 62.	6 21	11 56	17 31	10 58 06	9 09	16 17	23 36	●
4. sz 63.	6 19	11 56	17 33	11 02 03	9 48	17 12	—	●
5. cs 64.	6 18	11 56	17 34	11 05 59	10 31	18 06	0 44	●
6. p 65.	6 16	11 55	17 36	11 09 56	11 19	19 00	1 46	●
7. sz 66.	6 14	11 55	17 37	11 13 53	12 12	19 52	2 41	●
8. v 67.	6 12	11 55	17 39	11 17 49	13 08	20 42	3 29	●
11. hét								
9. h 68.	6 10	11 55	17 40	11 21 46	14 07	21 31	4 11	○
10. k 69.	6 08	11 54	17 42	11 25 42	15 07	22 17	4 47	○
11. sz 70.	6 06	11 54	17 43	11 29 39	16 08	23 02	5 18	○
12. cs 71.	6 04	11 54	17 45	11 33 35	17 08	23 45	5 47	○
13. p 72.	6 02	11 54	17 46	11 37 32	18 09	—	6 13	○
14. sz 73.	6 00	11 53	17 48	11 41 28	19 08	0 28	6 38	○
15. v 74.	5 58	11 53	17 49	11 45 25	20 08	1 10	7 03	○
12. hét								
16. h 75.	5 56	11 53	17 50	11 49 22	21 08	1 53	7 29	○
17. k 76.	5 54	11 52	17 52	11 53 18	22 08	2 36	7 57	○
18. sz 77.	5 52	11 52	17 53	11 57 15	23 07	3 20	8 27	○
19. cs 78.	5 50	11 52	17 55	12 01 11	—	4 07	9 02	○
20. p 79.	5 48	11 52	17 56	12 05 08	0 05	4 55	9 42	○
21. sz 80.	5 46	11 51	17 58	12 09 04	1 01	5 46	10 29	○
22. v 81.	5 44	11 51	17 59	12 13 01	1 54	6 38	11 23	○
13. hét								
23. h 82.	5 42	11 51	18 00	12 16 57	2 44	7 32	12 24	●
24. k 83.	5 40	11 50	18 02	12 20 54	3 28	8 27	13 32	●
25. sz 84.	5 38	11 50	18 03	12 24 51	4 08	9 23	14 46	●
26. cs 85.	5 36	11 50	18 05	12 28 47	4 45	10 19	16 02	●
27. p 86.	5 34	11 49	18 06	12 32 44	5 20	11 15	17 21	●
28. sz 87.	5 32	11 49	18 08	12 36 40	5 53	12 11	18 40	●
29. v 88.	5*30	11*49	18*09	12 40 37	6*27	13*07	19*59	●
14. hét								
30. h 89.	5*28	11*49	18*10	12 44 33	7*03	14*04	21*16	●
31. k 90.	5*26	11*48	18*12	12 48 30	7*42	15*01	22*29	●

* A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

Jelenségek

- 1. 10^h A Szaturnusz 1^o0-kal északra a Holdtól (fedés, hazánkban nem látható).
- 2. 18^h A Hold elfedi a Vestát (hazánkban nem látható).
- 5. 01^h A Hold elfedi az Aldebarant (hazánkban nem látható).
- 11. 16^h A Merkúr 1^o2-kal északra a Marstól.
- 13. 06^h Félárnyékos részleges holdfogyatkozás, hazánkban részben látható.



*Az égbolt látványa a hónap közepén,
egy órával napnyugtá után*

A bolygók képe távcsőben

Merkúr: A hónap elején még csak fél, a közepén már másfél órával nyugszik a Nap után. Ekkor az esti szürkületben látható a nyugati horizont fölött, 20-án van legnagyobb keleti kitérésben, 19°-ra a Naptól.

Vénusz: Egész hónapban két órával a Nap előtt kel, így a hajnali, délkeleti égen látható. 27-én van legnagyobb nyugati kitérésben, 47°-ra a Naptól.

Mars: A hónap elején még megkereshető az esti szürkületben, a Halak csillagképben. A hó végén már csak háromnegyed órával nyugszik a Nap után.

Jupiter: Helyzete megfigyelésre nem kedvező.

Szaturnusz: A hó elején három, a végén már csak egy órával nyugszik a Nap után. Az esti órákban még megkereshető a Halak csillagképben.

Uránusz, Neptunusz: A hó végén két órával kelnek a Nap előtt. Hajnalban ismét felkereshetők a Bak csillagképben.

- | | |
|-------------------------------------|---|
| 13. 21 ^h | A Hold elfedi a Junót (hazánkból nem látható). |
| 19. 10 ^h | A Juno szembenállásban. |
| 20. 05 ^h | A Merkúr legnagyobb keleti kitérésben (19°). |
| 20. 20 ^h 55 ^m | Tavaszi napéjegyenlőség. |
| 24. 20 ^h | A Vénusz 0.09-kal délre a Holdtól (fedés, hazánkból nem látható). |
| 26. 13 ^h | A Hold elfedi a Jupitert. |
| 27. 20 ^h | A Vénusz legnagyobb nyugati kitérésben (47°). |
| 29. 02 ^h | A nyári időszámítás várható kezdete. |
| 30. 21 ^h * | A Hold elfedi a Vestát (hazánkból nem látható). |



$\lambda = +19^\circ$, $\varphi = 47^\circ 5$

Naptár – április

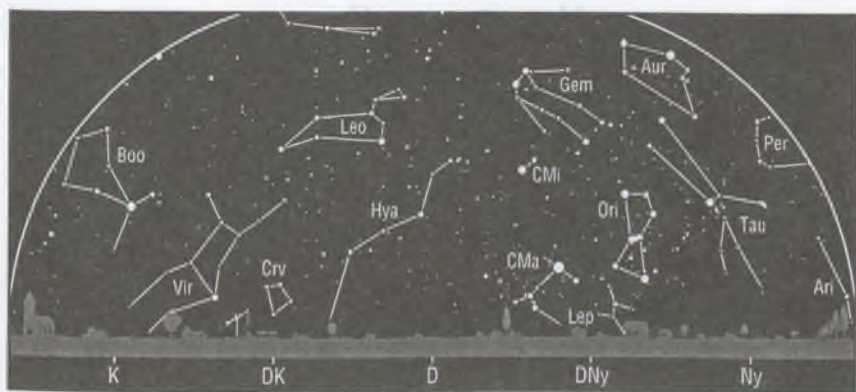
KÖZEI*

dátum	Nap			csillagidő 0 ^h -kor h m s	Hold			fázis h m
	kel	delel	nyugszik		kel	delel	nyugszik	
	h m	h m	h m		h m	h m	h m	
14. hét								
1. sz 91.	5*24	11*48	18*13	12 52 26	8*25	15*57	23*36	☉
2. cs 92.	5*22	11*48	18*15	12 56 23	9*13	16*53	—	☉
3. p 93.	5*20	11*47	18*16	13 00 20	10*05	17*47	0*35	☉ 21*18
4. sz 94.	5*18	11*47	18*17	13 04 16	11*02	18*39	1*27	☉
5. v 95.	5*16	11*47	18*19	13 08 13	12*00	19*28	2*11	☉
15. hét								
6. h 96.	5*14	11*46	18*20	13 12 09	13*01	20*15	2*49	☉
7. k 97.	5*12	11*46	18*22	13 16 06	14*01	21*00	3*22	☉
8. sz 98.	5*10	11*46	18*23	13 20 02	15*01	21*44	3*51	☉
9. cs 99.	5*08	11*46	18*25	13 23 59	16*01	22*26	4*17	☉
10. p 100.	5*06	11*45	18*26	13 27 55	17*01	23*09	4*43	☉
11. sz 101.	5*04	11*45	18*27	13 31 52	18*01	23*51	5*07	☉ 23*23
12. v 102.	5*02	11*45	18*29	13 35 49	19*01	—	5*33	☉
16. hét								
13. h 103.	5*00	11*45	18*30	13 39 45	20*01	0*34	6*00	☉
14. k 104.	4*58	11*44	18*32	13 43 42	21*01	1*18	6*29	☉
15. sz 105.	4*56	11*44	18*33	13 47 38	22*00	2*04	7*02	☉
16. cs 106.	4*54	11*44	18*34	13 51 35	22*56	2*52	7*40	☉
17. p 107.	4*52	11*44	18*36	13 55 31	23*50	3*41	8*24	☉
18. sz 108.	4*51	11*43	18*37	13 59 28	—	4*32	9*15	☉
19. v 109.	4*49	11*43	18*39	14 03 24	0*39	5*24	10*12	☉ 20*53
17. hét								
20. h 110.	4*47	11*43	18*40	14 07 21	1*24	6*17	11*15	☉
21. k 111.	4*45	11*43	18*41	14 11 18	2*04	7*11	12*24	☉
22. sz 112.	4*43	11*43	18*43	14 15 14	2*41	8*05	13*37	☉
23. cs 113.	4*41	11*42	18*44	14 19 11	3*15	8*59	14*52	☉
24. p 114.	4*40	11*42	18*46	14 23 07	3*48	9*53	16*10	☉
25. sz 115.	4*38	11*42	18*47	14 27 04	4*21	10*49	17*29	☉
26. v 116.	4*36	11*42	18*48	14 31 00	4*55	11*45	18*47	☉ 12*41
18. hét								
27. h 117.	4*35	11*42	18*50	14 34 57	5*32	12*43	20*04	☉
28. k 118.	4*33	11*42	18*51	14 38 53	6*14	13*42	21*17	☉
29. sz 119.	4*31	11*41	18*53	14 42 50	7*01	14*40	22*22	☉
30. cs 120.	4*29	11*41	18*54	14 46 47	7*53	15*37	23*20	☉

* A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

Jelenségek

1. 09^h* A Hold elfedi az Aldebarant (hazánkból nem látható).
6. 18^h* A Merkúr alsó együttállásban a Nappal.
13. 13^h* A Szaturnusz együttállásban a Nappal.
23. 03^h* A Vénusz 0^h3-kal északra a Jupitertől.
23. 08^h* A Jupiter 0^h2-kal délre a Holdtól (fedés, hazánkból nem látható).
23. 09^h* A Vénusz 0^h08-kal északra a Holdtól (fedés, hazánkból nem látható).



*Az égbolt látványa a hónap közepén,
egy órával napnyugtá után*

A bolygók képe távcsőben

Merkúr: A bolygó helyzete megfigyelésre nem kedvező. 6-án első együttállásban a Nappal.

Vénusz: A hajnali égbolt feltűnő látványossága, a hó elején egy és háromnegyed, a végén másfél órával kel a Nap előtt. Fázisa 0.5–0.6 között növekvő, látszó átmérője 23–18'' között csökkenő, fényessége -4^m2 .

Mars: A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Jupiter: A hó végén másfél órával a Nap előtt kel, így ismét megfigyelhető a hajnali, keleti égbolton. Fényessége a hó végén -2^m1 , látszó átmérője 35''.

Szaturnusz: 13-én kerül együttállásba a Nappal, ezért helyzete megfigyelésre nem kedvező.

Uránusz, Neptunusz: Hajnalban láthatók a Bak csillagképben. A hó elején kettő, a végén három órával kelnek a Nap előtt.



24. 20^h* A Merkúr 0°9'-kal északra a Holdtól (fedés, hazánkban nem látható).
28. 19^h* A Hold elfedi az Aldebarant.

$\lambda = +19^\circ$, $\varphi = 47^\circ 5$

Naptár – május

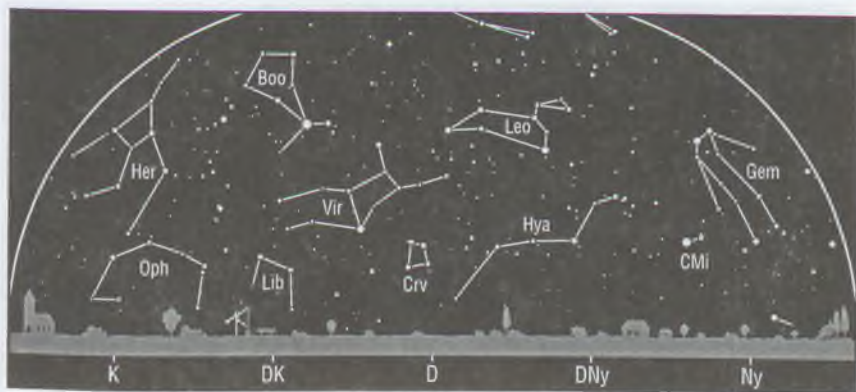
KÖZEI*

dátum	Nap			csillagidő 0 ^h -kor h m s	Hold			fázis h m
	kel	delel,	nyugszik		kel	delel,	nyugszik	
	h m	h m	h m		h m	h m	h m	
18. hét								
1. p 121.	4*28	11*41	18*55	14 50 43	8*50	16*31	—	●
2. sz 122.	4*26	11*41	18*57	14 54 40	9*50	17*23	0*08	●
3. v 123.	4*25	11*41	18*58	14 58 36	10*51	18*12	0*49	● 11*04
19. hét								
4. h 124.	4*23	11*41	18*59	15 02 33	11*52	18*58	1*24	●
5. k 125.	4*22	11*41	19*01	15 06 29	12*53	19*42	1*55	●
6. sz 126.	4*20	11*41	19*02	15 10 26	13*54	20*25	2*22	●
7. cs 127.	4*19	11*41	19*03	15 14 22	14*53	21*07	2*47	●
8. p 128.	4*17	11*41	19*05	15 18 19	15*53	21*49	3*12	●
9. sz 129.	4*16	11*40	19*06	15 22 16	16*53	22*32	3*37	●
10. v 130.	4*14	11*40	19*07	15 26 12	17*54	23*16	4*03	○
20. hét								
11. h 131.	4*13	11*40	19*09	15 30 09	18*54	—	4*32	○ 15*29
12. k 132.	4*11	11*40	19*10	15 34 05	19*54	0*01	5*03	○
13. sz 133.	4*10	11*40	19*11	15 38 02	20*52	0*49	5*40	○
14. cs 134.	4*09	11*40	19*13	15 41 58	21*47	1*38	6*22	○
15. p 135.	4*07	11*40	19*14	15 45 55	22*38	2*29	7*10	○
16. sz 136.	4*06	11*40	19*15	15 49 51	23*24	3*21	8*05	○
17. v 137.	4*05	11*40	19*16	15 53 48	—	4*13	9*06	○
21. hét								
18. h 138.	4*04	11*40	19*18	15 57 45	0*05	5*06	10*12	●
19. k 139.	4*03	11*40	19*19	16 01 41	0*42	5*58	11*21	● 5*35
20. sz 140.	4*02	11*40	19*20	16 05 38	1*16	6*50	12*34	●
21. cs 141.	4*01	11*41	19*21	16 09 34	1*47	7*42	13*48	●
22. p 142.	3*59	11*41	19*22	16 13 31	2*19	8*35	15*04	●
23. sz 143.	3*58	11*41	19*24	16 17 27	2*51	9*30	16*21	●
24. v 144.	3*58	11*41	19*25	16 21 24	3*25	10*26	17*37	●
22. hét								
25. h 145.	3*57	11*41	19*26	16 25 20	4*04	11*23	18*52	● 20*32
26. k 146.	3*56	11*41	19*27	16 29 17	4*48	12*22	20*03	●
27. sz 147.	3*55	11*41	19*28	16 33 14	5*37	13*21	21*06	●
28. cs 148.	3*54	11*41	19*29	16 37 10	6*33	14*18	22*00	●
29. p 149.	3*53	11*41	19*30	16 41 07	7*33	15*12	22*46	●
30. sz 150.	3*52	11*42	19*31	16 45 03	8*36	16*04	23*24	●
31. v 151.	3*52	11*42	19*32	16 49 00	9*39	16*53	23*57	●

* A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

Jelenségek

4. 18^h* A Merkúr legnagyobb nyugati kitérésben (27°).
 12. 17^h* A Merkúr 0°8'-kal délre a Szaturnusztól.
 12. 21^h* A Mars együttállásban a Nappal.
 21. 00^h* A Jupiter 0°4'-kal északra a Holdtól (fedés, hazánkban nem látható).
 22. 23^h* A Vénusz 1°7'-kal északra a Holdtól.



*Az égbolt látványa a hónap közepén,
egy órával napnyugtá után*

A bolygók képe távcsőben

Merkúr: 4-én van legnagyobb nyugati kitérésben, 27° -ra a Naptól, ám egész hónapban fél órával kel a Nap előtt, így helyzete megfigyelésre nem kedvező.

Vénusz: Egész hónapban másfél órával kel a Nap előtt, a hajnali szürkületben látható, a keleti égbolton.

Mars: A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg. 12-én együttállásban van a Nappal.

Jupiter: A hajnali órákban látható a Vízöntő csillagképben, a hó végén már három órával a Nap előtt kel.

Szaturnusz: A hó végén másfél órával kel a Nap előtt, így ismét megfigyelhető a hajnali szürkületben, a Halak csillagképben.

Uránusz, Neptunusz: Az éjfél utáni órákban kelnek, a hajnali égen kereshetők meg a Bak csillagképben.



23. 09^h* A Szaturnusz 1.7° -kal északra a Holdtól.
 28. 06^h* A Plútó szembenállásban.
 29. 03^h* A Vénusz 0.3° -kal északra a Szaturnusztól.

$\lambda = +19^\circ$, $\varphi = 47^\circ 5$

Naptár – június

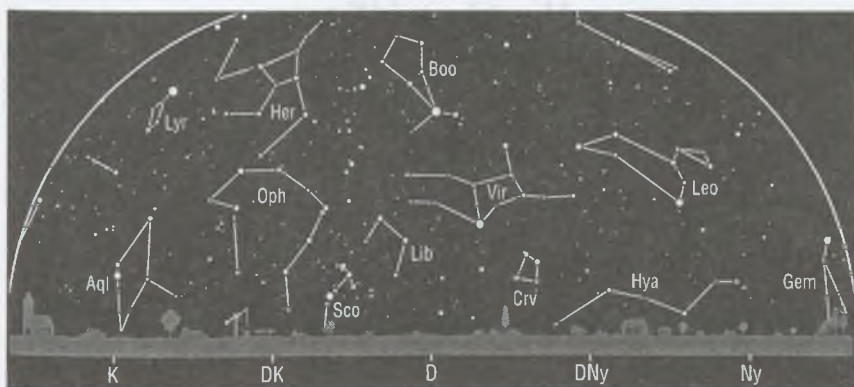
KÖZEI*

dátum	Nap			csillagidő 0 ^h -kor h m s	Hold			fázis h m
	kel	delel	nyugszik		kel	delel	nyugszik	
	h m	h m	h m		h m	h m	h m	
23. hét								
1. h 152.	3*51	11*42	19*33	16 52 56	10*41	17*38	—	●
2. k 153.	3*50	11*42	19*34	16 56 53	11*43	18*22	0*26	●
3. sz 154.	3*50	11*42	19*35	17 00 49	12*43	19*05	0*52	●
4. cs 155.	3*49	11*42	19*36	17 04 46	13*43	19*47	1*17	●
5. p 156.	3*49	11*42	19*36	17 08 43	14*44	20*29	1*41	○
6. sz 157.	3*48	11*43	19*37	17 12 39	15*44	21*12	2*07	○
7. v 158.	3*48	11*43	19*38	17 16 36	16*45	21*57	2*34	○
24. hét								
8. h 159.	3*48	11*43	19*39	17 20 32	17*45	22*44	3*04	○
9. k 160.	3*47	11*43	19*39	17 24 29	18*45	23*33	3*39	○
10. sz 161.	3*47	11*43	19*40	17 28 25	19*42	—	4*19	○
11. cs 162.	3*47	11*44	19*41	17 32 22	20*36	0*24	5*05	○
12. p 163.	3*47	11*44	19*41	17 36 18	21*24	1*17	5*59	○
13. sz 164.	3*46	11*44	19*42	17 40 15	22*07	2*10	6*59	○
14. v 165.	3*46	11*44	19*42	17 44 12	22*46	3*03	8*03	○
25. hét								
15. h 166.	3*46	11*44	19*43	17 48 08	23*20	3*55	9*12	○
16. k 167.	3*46	11*45	19*43	17 52 05	23*51	4*47	10*23	○
17. sz 168.	3*46	11*45	19*44	17 56 01	—	5*38	11*35	○
18. cs 169.	3*46	11*45	19*44	17 59 58	0*22	6*30	12*48	○
19. p 170.	3*46	11*45	19*44	18 03 54	0*52	7*22	14*03	○
20. sz 171.	3*46	11*45	19*45	18 07 51	1*24	8*15	15*17	○
21. v 172.	3*47	11*46	19*45	18 11 47	2*00	9*10	16*31	●
26. hét								
22. h 173.	3*47	11*46	19*45	18 15 44	2*39	10*07	17*43	●
23. k 174.	3*47	11*46	19*45	18 19 41	3*25	11*05	18*49	●
24. sz 175.	3*47	11*46	19*45	18 23 37	4*17	12*03	19*47	●
25. cs 176.	3*48	11*47	19*45	18 27 34	5*16	12*59	20*38	●
26. p 177.	3*48	11*47	19*45	18 31 30	6*18	13*53	21*20	●
27. sz 178.	3*49	11*47	19*45	18 35 27	7*22	14*44	21*56	●
28. v 179.	3*49	11*47	19*45	18 39 23	8*26	15*31	22*27	●
27. hét								
29. h 180.	3*49	11*47	19*45	18 43 20	9*29	16*17	22*55	●
30. k 181.	3*50	11*48	19*45	18 47 16	10*31	17*00	23*21	●

* A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

Jelenségek

1. 05^h* A Hold elfedi a Regulust (hazánkból nem látható).
 10. 08^h* A Merkúr felső együttállásban a Nappal.
 17. 12^h* A Jupiter 0°8'-kal északra a Holdtól (fedés, hazánkból nem látható).
 19. 21^h* A Szaturnusz 2°-kal északra a Holdtól.
 21. 15^h+03^m Nyári napforduló.
 22. 15^h* A Hold elfedi az Aldebarant.
 28. 13^h* A Hold elfedi a Regulust (hazánkból nem látható).



*Az égbolt látványa a hónap közepén,
egy órával napnyugta után*

A bolygók képe távcsőben

Merkúr: 10-én van felső együttállásban a Nappal. A hónap második felében láthatósága gyorsan javul, az utolsó héten egy és negyed órával nyugszik a Nap után. Az esti, északnyugati horizont fölött kereshető.

Vénusz: A hónap elején másfél, a végén két órával kel a Nap előtt. A hó közepén átmérője $13''$, fázisa 0.8.

Mars: A Nap közelsége miatt nem figyelhető meg.

Jupiter: Éjfél körül kel, az éjszaka második felében figyelhető meg a Vízöntő és Halak csillagkép határán.

Szaturnusz: A hó elején kettő, a végén három és fél órával kel a Nap előtt. A hajnali égen látható, a Halak csillagképben.

Uránusz, Neptunusz: Éjfél előtt kelnek, az éjszaka második felében láthatók a Bak csillagképben.



$\lambda = +19^\circ$, $\varphi = 47^\circ 5$

Naptár – július

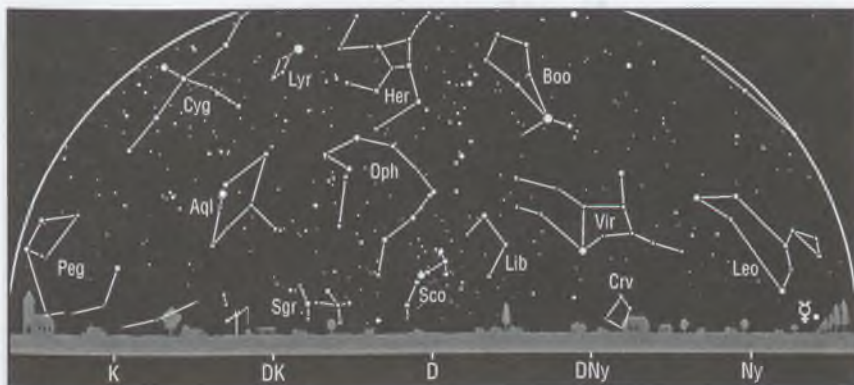
KÖZEI*

dátum	Nap			csillagidő 0 ^h -kor h m s	Hold			fázis h m
	kel	delel	nyugszik		kel	delel	nyugszik	
	h m	h m	h m		h m	h m	h m	
27. hét								
1. sz 182.	3*51	11*48	19*45	18 51 13	11*31	17*43	23*45	☉ 19°43
2. cs 183.	3*51	11*48	19*45	18 55 10	12*32	18*25	—	☉
3. p 184.	3*52	11*48	19*44	18 59 06	13*32	19*08	0*10	☉
4. sz 185.	3*52	11*48	19*44	19 03 03	14*32	19*52	0*36	☉
5. v 186.	3*53	11*49	19*44	19 06 59	15*33	20*38	1*05	☉
28. hét								
6. h 187.	3*54	11*49	19*43	19 10 56	16*33	21*26	1*37	☉
7. k 188.	3*55	11*49	19*43	19 14 52	17*32	22*16	2*15	☉
8. sz 189.	3*55	11*49	19*42	19 18 49	18*28	23*09	2*58	☉
9. cs 190.	3*56	11*49	19*42	19 22 45	19*20	—	3*50	☉ 17°01
10. p 191.	3*57	11*49	19*41	19 26 42	20*06	0*03	4*48	☉
11. sz 192.	3*58	11*49	19*40	19 30 39	20*47	0*57	5*52	☉
12. v 193.	3*59	11*50	19*40	19 34 35	21*23	1*51	7*01	☉
29. hét								
13. h 194.	4*00	11*50	19*39	19 38 32	21*56	2*44	8*13	☉
14. k 195.	4*01	11*50	19*38	19 42 28	22*27	3*36	9*25	☉
15. sz 196.	4*02	11*50	19*37	19 46 25	22*57	4*27	10*39	☉
16. cs 197.	4*03	11*50	19*37	19 50 21	23*28	5*19	11*52	☉ 16°13
17. p 198.	4*04	11*50	19*36	19 54 18	—	6*11	13*05	☉
18. sz 199.	4*05	11*50	19*35	19 58 14	0*01	7*04	14*18	☉
19. v 200.	4*06	11*50	19*34	20 02 11	0*38	7*59	15*28	☉
30. hét								
20. h 201.	4*07	11*50	19*33	20 06 08	1*20	8*55	16*35	☉
21. k 202.	4*08	11*50	19*32	20 10 04	2*08	9*51	17*36	☉
22. sz 203.	4*09	11*50	19*31	20 14 01	3*03	10*47	18*29	☉
23. cs 204.	4*10	11*50	19*30	20 17 57	4*02	11*42	19*15	☉ 14°44
24. p 205.	4*12	11*51	19*29	20 21 54	5*05	12*34	19*54	☉
25. sz 206.	4*13	11*51	19*28	20 25 50	6*09	13*23	20*27	☉
26. v 207.	4*14	11*51	19*26	20 29 47	7*13	14*10	20*57	☉
31. hét								
27. h 208.	4*15	11*51	19*25	20 33 43	8*16	14*55	21*23	☉
28. k 209.	4*16	11*51	19*24	20 37 40	9*18	15*38	21*48	☉
29. sz 210.	4*18	11*50	19*23	20 41 37	10*19	16*20	22*13	☉
30. cs 211.	4*19	11*50	19*21	20 45 33	11*19	17*03	22*38	☉
31. p 212.	4*20	11*50	19*20	20 49 30	12*19	17*46	23*06	☉ 13°05

*A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

Jelenségek

4. 01^h* A Föld naptávolban.
 14. 20^h* A Jupiter 1^o0-kal északra a Holdtól (fedés, hazánkból nem látható).
 17. 04^h* A Merkúr legnagyobb keleti kitérésben (27^o).
 17. 06^h* A Szaturnusz 2^o0-kal északra a Holdtól.
 19. 00^h* A Hold elfedi a Cerest (hazánkból nem látható).
 19. 22^h* A Hold elfedi az Aldebarant (hazánkból nem látható).



*Az égbolt látványa a hónap közepén,
egy órával napnyugta után*

A bolygók képe távcsőben

Merkúr: A hó elején egy és háromnegyed, a végén már csak fél órával nyugszik a Nap után. 17-én legnagyobb keleti kitérésben, 27^o-ra a Naptól. A hónap első hetében még próbálkozhatunk megkeresésével az esti égen.

Vénusz: A hónap folyamán két órával kel a Nap előtt, a hajnali ég legfeltűnőbb égitestje. A hó közepén fényessége -3^m9 , átmérője 12'', fázisa 0.9.

Mars: A hó végén már két órával a Nap előtt kel, így ismét megfigyelhető a hajnali égbolton, az Ikrek csillagképben.

Jupiter: A sötétedés utáni órákban kel, így egész éjszaka megfigyelhető a Vízöntő és Halak csillagkép határán.

Szaturnusz: Éjfél körül kel, az éjszaka második felében látható a Halakban.

Uránusz, Neptunusz: Napnyugta után kelnek, egész éjszaka megfigyelhetők. A Neptunusz 23-án kerül szembenállásba a Bak és a Nyilas csillagkép határán. Ekkor fényessége 7^m8 , látszó átmérője 2''3.

23. 21^h*

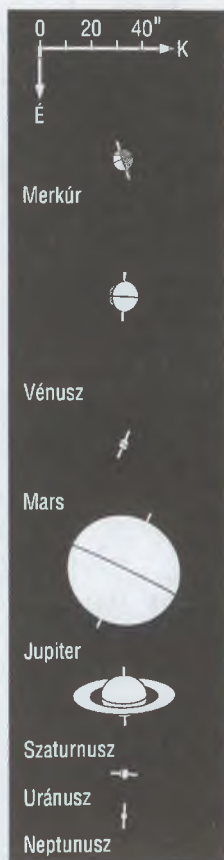
A Neptunusz szembenállásban.

25. 15^h*

A Merkúr 2^o0'-kal délre a Holdtól.

25. 22^h*

A Hold elfedi a Regulust (házánkból nem látható).



$\lambda = +19^\circ$, $\varphi = 47^\circ 5$

Naptár – augusztus

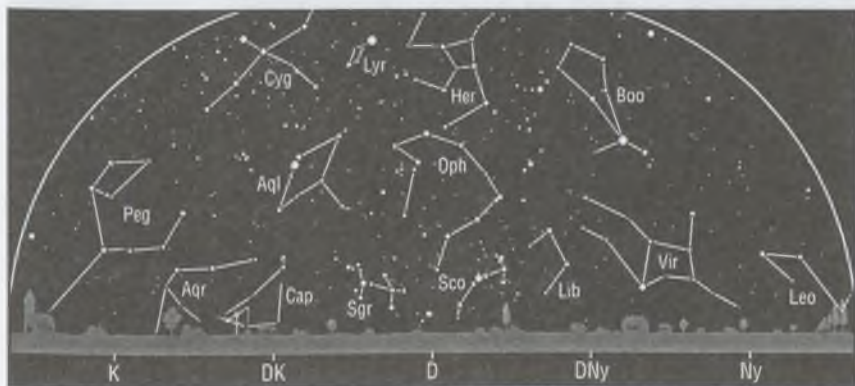
KÖZEI*

dátum	Nap			csillagidő 0 ^h -kor h m s	Hold			fázis h m
	kel.	delel.	nyugszik		kel.	delel.	nyugszik	
	h m	h m	h m		h m	h m	h m	
31. hét								
1. sz 213.	4*21	11*50	19*19	20 53 26	13*19	18*30	23*36	☉
2. v 214.	4*23	11*50	19*17	20 57 23	14*19	19*17	—	☉
32. hét								
3. h 215.	4*24	11*50	19*16	21 01 19	15*18	20*06	0*11	☉
4. k 216.	4*25	11*50	19*14	21 05 16	16*15	20*57	0*51	☉
5. sz 217.	4*26	11*50	19*13	21 09 12	17*09	21*51	1*38	☉
6. cs 218.	4*28	11*50	19*11	21 13 09	17*58	22*45	2*34	☉
7. p 219.	4*29	11*50	19*10	21 17 06	18*42	23*40	3*36	☉
8. sz 220.	4*30	11*50	19*08	21 21 02	19*21	—	4*44	☉ 3*10
9. v 221.	4*32	11*50	19*07	21 24 59	19*56	0*35	5*56	☉
33. hét								
10. h 222.	4*33	11*49	19*05	21 28 55	20*29	1*29	7*11	☉
11. k 223.	4*34	11*49	19*03	21 32 52	21*00	2*22	8*26	☉
12. sz 224.	4*36	11*49	19*02	21 36 48	21*31	3*15	9*41	☉
13. cs 225.	4*37	11*49	19*00	21 40 45	22*04	4*08	10*55	☉
14. p 226.	4*38	11*49	18*58	21 44 41	22*39	5*01	12*09	☉ 20*48
15. sz 227.	4*39	11*49	18*57	21 48 38	23*19	5*55	13*20	☉
16. v 228.	4*41	11*48	18*55	21 52 35	—	6*50	14*27	☉
34. hét								
17. h 229.	4*42	11*48	18*53	21 56 31	0*05	7*45	15*29	☉
18. k 230.	4*43	11*48	18*51	22 00 28	0*56	8*40	16*24	☉
19. sz 231.	4*45	11*48	18*50	22 04 24	1*53	9*34	17*11	☉
20. cs 232.	4*46	11*47	18*48	22 08 21	2*54	10*26	17*52	☉
21. p 233.	4*47	11*47	18*46	22 12 17	3*57	11*16	18*27	☉
22. sz 234.	4*49	11*47	18*44	22 16 14	5*00	12*04	18*58	☉ 3*03
23. v 235.	4*50	11*47	18*42	22 20 10	6*03	12*49	19*25	☉
35. hét								
24. h 236.	4*51	11*46	18*40	22 24 07	7*06	13*33	19*51	☉
25. k 237.	4*53	11*46	18*39	22 28 04	8*07	14*16	20*16	☉
26. sz 238.	4*54	11*46	18*37	22 32 00	9*07	14*58	20*41	☉
27. cs 239.	4*56	11*46	18*35	22 35 57	10*07	15*41	21*07	☉
28. p 240.	4*57	11*45	18*33	22 39 53	11*07	16*25	21*36	☉
29. sz 241.	4*58	11*45	18*31	22 43 50	12*06	17*10	22*08	☉
30. v 242.	5*00	11*45	18*29	22 47 46	13*05	17*57	22*45	☉ 6*06
36. hét								
31. h 243.	5*01	11*44	18*27	22 51 43	14*02	18*46	23*28	☉

*A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

Jelenségek

3. 08^h* Az Uránusz szembenállásban.
 5. 04^h* A Vénusz 0°8'-kal délre a Marstól.
 8. 02^h* Félárnyékos részleges holdfogyatkozás, hazánkból is látható.
 11. 01^h* A Jupiter 0°9'-kal északra a Holdtól (fedés, hazánkból nem látható).
 13. 13^h* A Szaturnusz 2°0'-kal északra a Holdtól.



*Az égbolt látványa a hónap közepén,
egy órával napnyugta után*

A bolygók képe távcsőben

Merkúr: A hónap első felében helyzete megfigyelésre nem kedvező, 14-én alsó együttállásban van a Nappal. A hó végén már másfél órával a Nap előtt kel, 31-én kerül legnagyobb nyugati kitérésbe, 18° -ra a Naptól. Ezekben a napokban a hajnali, északkeleti égbolton kereshető.

Vénusz: A hó elején kettő, a végén másfél órával kel a Nap előtt. A hajnali szürkületben, a északkeleti horizont fölött látható. Fényessége -3^m9 , átmérője $11''$, fázisa 0.95.

Mars: A hónap elején kettő, a végén három órával kel a Nap előtt. Az Ikrek, majd a Rák csillagképben látható, fényessége 1^m7 , látszó átmérője $4''$.

Jupiter: Napnyugta után kel, egész éjszaka látható a Vízöntő csillagképben.

Szaturnusz: Az éjfél előtti órákban kel, az éjszaka második felében látható a Halak csillagképben.

Uránusz, Neptunusz: Napnyugta környékén kelnek, egész éjszaka láthatók a Bak, illetve a Nyilas csillagképben. Az Uránusz 3-án kerül szembenállásba a Nappal. Ekkor fényessége 5^m7 , látszó átmérője $3''.7$.

- | | |
|------------|--|
| 14. 01^h | A Merkúr alsó együttállásban a Nappal. |
| 15. 20^h | A Hold elfedi a Cerest (hazánkból nem látható). |
| 16. 04^h | A Hold elfedi az Aldebarant (hazánkból nem látható). |
| 22. 03^h | Gyűrűs napfogyatkozás, hazánkból nem látható. |
| 31. 10^h | A Merkúr legnagyobb nyugati kitérésben (18°). |



$\lambda = +19^{\circ}$, $\varphi = 47^{\circ}5$

Naptár – szeptember

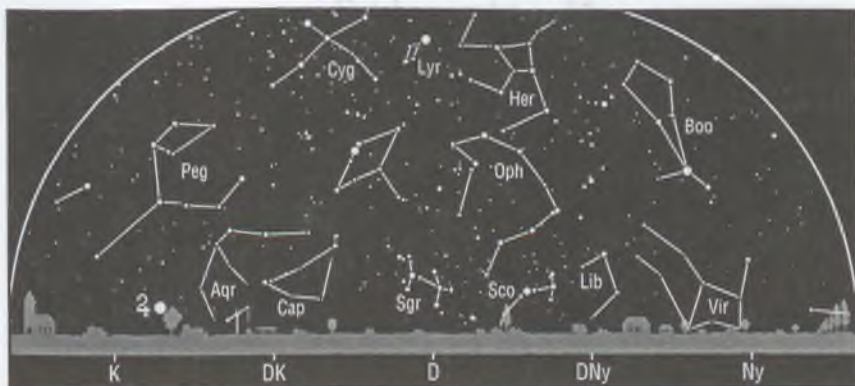
KÖZEI*

dátum	Nap			csillagidő 0 ^h -kor h m s	Hold			fázis h m
	kel	delel	nyugszik		kel	delel	nyugszik	
	h m	h m	h m		h m	h m	h m	
36. hét								
1. k 244.	5*02	11*44	18*25	22 55 39	14*57	19*38	—	○
2. sz 245.	5*04	11*44	18*23	22 59 36	15*47	20*31	0*19	○
3. cs 246.	5*05	11*43	18*21	23 03 33	16*33	21*25	1*17	○
4. p 247.	5*06	11*43	18*19	23 07 29	17*15	22*20	2*22	○
5. sz 248.	5*07	11*43	18*17	23 11 26	17*52	23*15	3*33	○
6. v 249.	5*09	11*42	18*15	23 15 22	18*26	—	4*48	○ 12*21
37. hét								
7. h 250.	5*10	11*42	18*13	23 19 19	18*59	0*10	6*04	○
8. k 251.	5*11	11*42	18*11	23 23 15	19*31	1*05	7*22	○
9. sz 252.	5*13	11*41	18*09	23 27 12	20*04	1*59	8*39	○
10. cs 253.	5*14	11*41	18*07	23 31 08	20*39	2*54	9*55	○
11. p 254.	5*15	11*41	18*05	23 35 05	21*19	3*49	11*09	○
12. sz 255.	5*17	11*40	18*03	23 39 02	22*03	4*45	12*19	○
13. v 256.	5*18	11*40	18*01	23 42 58	22*53	5*41	13*24	● 2*58
38. hét								
14. h 257.	5*19	11*40	17*59	23 46 55	23*48	6*36	14*21	●
15. k 258.	5*21	11*39	17*57	23 50 51	—	7*30	15*10	●
16. sz 259.	5*22	11*39	17*55	23 54 48	0*47	8*23	15*52	●
17. cs 260.	5*23	11*39	17*53	23 58 44	1*48	9*12	16*28	●
18. p 261.	5*25	11*38	17*51	0 02 41	2*51	10*00	17*00	●
19. sz 262.	5*26	11*38	17*49	0 06 37	3*54	10*46	17*28	●
20. v 263.	5*28	11*38	17*47	0 10 34	4*56	11*30	17*54	● 18*01
39. hét								
21. h 264.	5*29	11*37	17*45	0 14 31	5*57	12*13	18*19	●
22. k 265.	5*30	11*37	17*43	0 18 27	6*58	12*55	18*44	●
23. sz 266.	5*32	11*36	17*40	0 22 24	7*58	13*38	19*09	●
24. cs 267.	5*33	11*36	17*38	0 26 20	8*58	14*21	19*37	●
25. p 268.	5*34	11*36	17*36	0 30 17	9*57	15*05	20*07	●
26. sz 269.	5*36	11*35	17*34	0 34 13	10*56	15*51	20*42	●
27. v 270.	5*37	11*35	17*32	0 38 10	11*53	16*39	21*22	●
40. hét								
28. h 271.	5*38	11*35	17*30	0 42 06	12*47	17*28	22*08	● 22*11
29. k 272.	5*40	11*34	17*28	0 46 03	13*38	18*19	23*02	○
30. sz 273.	5*41	11*34	17*26	0 50 00	14*25	19*12	—	○

* A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

Jelenségek

6. 11^h A Vénusz 0°8'-kal északra a a Regulustól.
 6. 12^h Félárnyékos részleges holdfogyatkozás, hazánkból nem látható.
 7. 05^h A Jupiter 0°5'-kal északra a Holdtól (fedés, hazánkból nem látható).
 7. 20^h A Merkúr 0°8'-kal északra a Regulustól.
 9. 19^h A Szaturnusz 2°0'-kal északra a Holdtól.
 11. 01^h A Merkúr 0°4'-kal északra a Vénusztól.
 12. 09^h A Hold elfedi az Aldebarant (hazánkból nem látható).



*Az égbolt látványa a hónap közepén,
egy órával napnyugta után*

A bolygók képe távcsőben

Merkúr: A hó elején még másfél órával kel a Nap előtt, ám láthatósága gyorsan romlik. 25-én van felső együttállásban a Nappal.

Vénusz: Láthatósága lassan tovább romlik, a hónap elején még másfél, a végén kevesebb, mint egy órával kel a Nap előtt. Még megkereshető a hajnali, keleti égbolton.

Mars: A hó végén már négy órával kel a Nap előtt, a hajnali órákban látható a Rák, majd az Oroszlán csillagképben.

Jupiter: 16-án kerül szembenállásba a Nappal, így egész éjszaka látható a Vízöntő csillagképben. Fényessége a hó közepén -2^m9 , látszó átmérője csaknem $50''$.

Szaturnusz: Az esti órákban kel, az éjszaka nagy részében megfigyelhető a Halak csillagképben.

Uránusz, Neptunusz: Az éjfél utáni órákban nyugszanak, az éjszaka nagyobb részében láthatók a Bak, illetve a Nyilas csillagképben.

- 12. 12^h • A Hold elfedi a Cerest (hazánkból nem látható).
- 16. 04^h • A Jupiter szembenállásban.
- 16. 06^h • A Pallas szembenállásban.
- 17. 13^h • A Mars $2^{\circ}0$ -kal északra a Holdtól.
- 18. 12^h • A Hold elfedi a Regulust (hazánkból nem látható).
- 23. $06^h + 37^m$ • Őszi napéjegyenlőség.
- 25. 21^h • A Merkúr felső együttállásban a Nappal.



$\lambda = +19^\circ$, $\varphi = 47.5$

Naptár – október

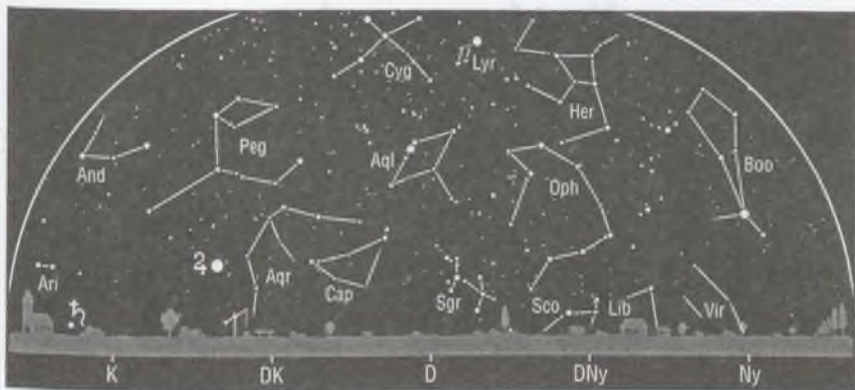
KÖZEI*

dátum	Nap			csillagidő 0 ^h -kor h m s	Hold			fázis h m
	kel	delel	nyugszik		kel	delel	nyugszik	
	h m	h m	h m		h m	h m	h m	
40. hét								
1. cs 274.	5*42	11*34	17*24	0 53 56	15*07	20*05	0*02	☉
2. p 275.	5*44	11*33	17*22	0 57 53	15*46	20*59	1*09	☉
3. sz 276.	5*45	11*33	17*20	1 01 49	16*21	21*53	2*20	☉
4. v 277.	5*47	11*33	17*18	1 05 46	16*54	22*48	3*36	☉
41. hét								
5. h 278.	5*48	11*32	17*16	1 09 42	17*26	23*43	4*53	☉ 21*12
6. k 279.	5*49	11*32	17*14	1 13 39	17*59	—	6*13	☉
7. sz 280.	5*51	11*32	17*12	1 17 35	18*35	0*40	7*32	☉
8. cs 281.	5*52	11*32	17*10	1 21 32	19*13	1*37	8*50	☉
9. p 282.	5*54	11*31	17*08	1 25 29	19*57	2*35	10*05	☉
10. sz 283.	5*55	11*31	17*06	1 29 25	20*46	3*33	11*14	☉
11. v 284.	5*56	11*31	17*04	1 33 22	21*41	4*30	12*16	☉
42. hét								
12. h 285.	5*58	11*31	17*03	1 37 18	22*40	5*26	13*08	☉ 12*11
13. k 286.	5*59	11*30	17*01	1 41 15	23*41	6*19	13*53	☉
14. sz 287.	6*01	11*30	16*59	1 45 11	—	7*10	14*31	☉
15. cs 288.	6*02	11*30	16*57	1 49 08	0*44	7*58	15*04	☉
16. p 289.	6*04	11*30	16*55	1 53 04	1*46	8*44	15*32	☉
17. sz 290.	6*05	11*29	16*53	1 57 01	2*48	9*28	15*58	☉
18. v 291.	6*06	11*29	16*51	2 00 58	3*50	10*11	16*23	☉
43. hét								
19. h 292.	6*08	11*29	16*49	2 04 54	4*50	10*53	16*48	☉ 11*09
20. k 293.	6*09	11*29	16*48	2 08 51	5*51	11*36	17*13	☉
21. sz 294.	6*11	11*29	16*46	2 12 47	6*51	12*19	17*39	☉
22. cs 295.	6*12	11*29	16*44	2 16 44	7*51	13*03	18*09	☉
23. p 296.	6*14	11*28	16*42	2 20 40	8*50	13*48	18*42	☉
24. sz 297.	6*15	11*28	16*41	2 24 37	9*47	14*35	19*19	☉
25. v 298.	6 17	11 28	16 39	2 28 33	10 42	15 23	20 03	☉
44. hét								
26. h 299.	6 18	11 28	16 37	2 32 30	11 34	16 13	20 53	☉
27. k 300.	6 20	11 28	16 35	2 36 27	12 21	17 04	21 49	☉
28. sz 301.	6 21	11 28	16 34	2 40 23	13 04	17 55	22 51	☉ 12 46
29. cs 302.	6 23	11 28	16 32	2 44 20	13 42	18 47	23 58	☉
30. p 303.	6 24	11 28	16 30	2 48 16	14 17	19 39	—	☉
31. sz 304.	6 26	11 28	16 29	2 52 13	14 50	20 32	1 10	☉

* A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

Jelenségek

4. 08^h* A Hold elfedi a Pallast (házánkból nem látható).
 4. 10^h* A Jupiter 0^o.2-kal északra a Holdtól (fedés, házánkból nem látható).
 6. 17^h* A Mars 0^o.9-kal északra a Regulustól.
 7. 02^h* A Szaturnusz 1^o.8-kal északra a Holdtól.
 9. 17^h* A Hold elfedi az Aldebarant (házánkból nem látható).
 9. 23^h* A Hold elfedi a Cerest (házánkból nem látható).



*Az égbolt látványa a hónap közepén,
egy órával napnyugta után*

A bolygók képe távcsőben

Merkúr: A bolygó helyzete megfigyelésre nem kedvező. A hónap végén háromnegyed órával nyugszik a Nap után.

Vénusz: Helyzete megfigyelésre nem kedvező, 30-án felső együttállásban van a Nappal.

Mars: A hó elején kettő, a végén másfél órával kel éjjél után. A hajnali, keleti égbolton látható az Oroszlán csillagképben.

Jupiter: A pirkadat előtti órákban nyugszik, csaknem egész éjszaka látható a Vízöntő csillagképben.

Szaturnusz: Napnyugta után kel, így egész éjszaka látható a Halakban. 23-án van szembenállásban a Nappal, fényessége -0^m2 , látszó átmérője $20''$.

Uránusz, Neptunusz: Éjjél körül nyugszanak, az éjszaka első felében kereshetők meg a Bak csillagképben.

- | | |
|---|--|
| <p>15. 18^h•</p> <p>16. 05^h•</p> <p>23. 20^h•</p> <p>25. 03^h•</p> <p>30. 05^h</p> <p>31. 17^h</p> | <p>A Hold elfedi a Regulust (hazánkból nem látható).</p> <p>A Mars $1^o0'$-kal északra a Holdtól (fedés, hazánkból nem látható).</p> <p>A Szaturnusz szembenállásban.</p> <p>A nyári időszámítás várható vége.</p> <p>A Vénusz felső együttállásban a Nappal.</p> <p>A Jupiter $0^o2'$-kal északra a Holdtól (fedés, hazánkból nem látható).</p> |
|---|--|



$\lambda = +19^\circ$, $\varphi = 47^\circ.5$

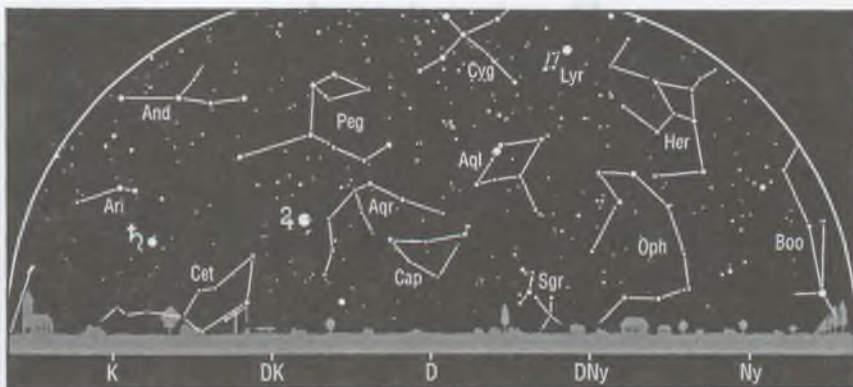
Naptár – november

KÖZEI

dátum	Nap			csillagidő 0 ^h -kor h m s	Hold			fázis h m
	kel	delel	nyugszik		kel	delel	nyugszik	
	h m	h m	h m		h m	h m	h m	
44. hét								
1. v 305.	6 27	11 28	16 27	2 56 09	15 21	21 25	2 24	○
45. hét								
2. h 306.	6 29	11 28	16 26	3 00 06	15 53	22 21	3 41	○
3. k 307.	6 30	11 28	16 24	3 04 02	16 27	23 17	5 00	○
4. sz 308.	6 32	11 28	16 23	3 07 59	17 04	—	6 20	○
5. cs 309.	6 33	11 28	16 21	3 11 56	17 46	0 16	7 39	○
6. p 310.	6 35	11 28	16 20	3 15 52	18 34	1 16	8 54	○
7. sz 311.	6 36	11 28	16 18	3 19 49	19 28	2 16	10 02	○
8. v 312.	6 38	11 28	16 17	3 23 45	20 27	3 15	11 01	○
46. hét								
9. h 313.	6 39	11 28	16 16	3 27 42	21 30	4 12	11 51	●
10. k 314.	6 41	11 28	16 14	3 31 38	22 34	5 05	12 32	●
11. sz 315.	6 42	11 28	16 13	3 35 35	23 38	5 55	13 07	●
12. cs 316.	6 44	11 28	16 12	3 39 31	—	6 42	13 37	●
13. p 317.	6 45	11 28	16 11	3 43 28	0 41	7 27	14 04	●
14. sz 318.	6 47	11 28	16 09	3 47 25	1 42	8 10	14 29	●
15. v 319.	6 48	11 29	16 08	3 51 21	2 43	8 53	14 53	●
47. hét								
16. h 320.	6 50	11 29	16 07	3 55 18	3 43	9 35	15 17	●
17. k 321.	6 51	11 29	16 06	3 59 14	4 44	10 17	15 43	●
18. sz 322.	6 53	11 29	16 05	4 03 11	5 44	11 01	16 11	●
19. cs 323.	6 54	11 29	16 04	4 07 07	6 43	11 46	16 43	●
20. p 324.	6 56	11 30	16 03	4 11 04	7 42	12 32	17 19	●
21. sz 325.	6 57	11 30	16 02	4 15 00	8 39	13 20	18 00	●
22. v 326.	6 58	11 30	16 01	4 18 57	9 32	14 10	18 48	●
48. hét								
23. h 327.	7 00	11 30	16 00	4 22 54	10 21	15 00	19 42	●
24. k 328.	7 01	11 31	16 00	4 26 50	11 04	15 51	20 41	●
25. sz 329.	7 03	11 31	15 59	4 30 47	11 43	16 41	21 45	●
26. cs 330.	7 04	11 31	15 58	4 34 43	12 18	17 32	22 53	●
27. p 331.	7 05	11 32	15 57	4 38 40	12 50	18 22	—	●
28. sz 332.	7 07	11 32	15 57	4 42 36	13 21	19 14	0 04	●
29. v 333.	7 08	11 32	15 56	4 46 33	13 51	20 06	1 17	○
49. hét								
30. h 334.	7 09	11 33	15 56	4 50 29	14 22	21 00	2 32	○

Jelenségek

3. 10^h A Szaturnusz 1°7'-kal északra a Holdtól.
 6. 03^h A Hold elfedi az Aldebarant.
 6. 05^h A Hold elfedi a Cerest (hazánkból nem látható).
 9. 10^h A Merkúr 1°9'-kal északra az Antarestől.
 11. 10^h A Merkúr legnagyobb keleti kitérésben (23").
 11. 23^h A Hold elfedi a Regulust (hazánkból nem látható).
 13. 19^h A Mars 0°5'-kal délre a Holdtól (fedés, hazánkból nem látható).



*Az égbolt látványa a hónap közepén,
egy órával napnyugta után*

A bolygók képe távcsőben

Merkúr: 11-én éri el legnagyobb keleti kitérését, $23''$ -ra központi csillagunktól, ám ekkor is csak egy órával nyugszik a Nap után. Helyzete megfigyelésre nem kedvező.

Vénusz: A hónap folyamán nem kerül megfigyelésre kedvező helyzetbe.

Mars: A hó elején másfél, a végén egy órával éjfél után kel. Az Oroszlán, majd a Szűz csillagképben látható. A hónap közepén fényessége 1^m5 , látszó átmérője eléri az $5''$ -et.

Jupiter: Éjfél után nyugszik, az éjszaka első felében látható a Vízöntőben.

Szaturnusz: A hajnali órákban nyugszik, így csaknem egész éjszaka látható a Halak csillagképben.

Uránusz, Neptunusz: A hó elején kettő, a végén négy órával nyugszanak éjfél előtt. Az esti órákban láthatók a Bak csillagképben.



28. 02^h A Jupiter 0^o6 -kal északra a Holdtól (fedés, hazánkban nem látható).
 28. 23^h A Ceres szembenállásban.
 30. 18^h A Szaturnusz 1^o8 -kal északra a Holdtól.

$\lambda = +19^\circ$, $\varphi = 47^\circ 5$

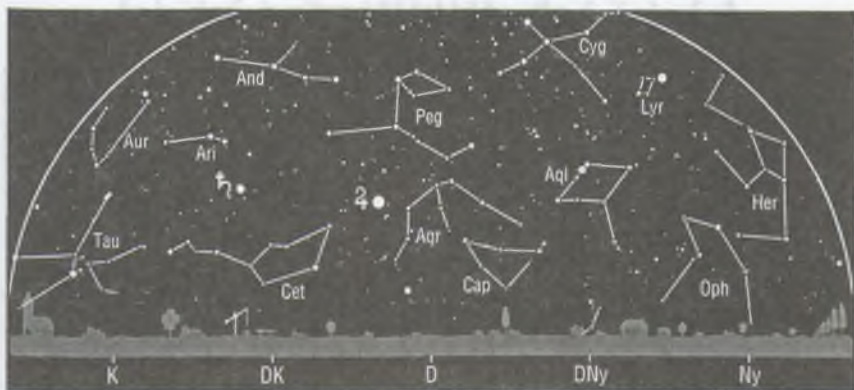
Naptár – december

KÖZEI

dátum	Nap			csillagidő 0 ^h -kor h m s	Hold			fázis h m
	kel	delel,	nyugszik		kel	delel,	nyugszik	
	h m	h m	h m		h m	h m	h m	
49. hét								
1. k 335.	7 10	11 33	15 55	4 54 26	14 55	21 56	3 50	○
2. sz 336.	7 12	11 33	15 55	4 58 23	15 34	22 55	5 08	○
3. cs 337.	7 13	11 34	15 54	5 02 19	16 18	23 55	6 26	○
4. p 338.	7 14	11 34	15 54	5 06 16	17 09	—	7 39	○
5. sz 339.	7 15	11 35	15 54	5 10 12	18 08	0 56	8 45	○
6. v 340.	7 16	11 35	15 53	5 14 09	19 11	1 56	9 41	○
50. hét								
7. h 341.	7 17	11 35	15 53	5 18 05	20 17	2 53	10 28	○
8. k 342.	7 18	11 36	15 53	5 22 02	21 23	3 47	11 07	○
9. sz 343.	7 19	11 36	15 53	5 25 58	22 28	4 37	11 40	○
10. cs 344.	7 20	11 37	15 53	5 29 55	23 32	5 23	12 08	○
11. p 345.	7 21	11 37	15 53	5 33 52	—	6 08	12 34	○
12. sz 346.	7 22	11 38	15 53	5 37 48	0 33	6 51	12 58	○
13. v 347.	7 23	11 38	15 53	5 41 45	1 34	7 33	13 22	○
51. hét								
14. h 348.	7 24	11 39	15 53	5 45 41	2 35	8 15	13 47	●
15. k 349.	7 25	11 39	15 53	5 49 38	3 35	8 58	14 14	●
16. sz 350.	7 26	11 40	15 53	5 53 34	4 35	9 42	14 44	●
17. cs 351.	7 26	11 40	15 54	5 57 31	5 34	10 28	15 18	●
18. p 352.	7 27	11 40	15 54	6 01 27	6 32	11 16	15 58	●
19. sz 353.	7 28	11 41	15 54	6 05 24	7 28	12 06	16 44	●
20. v 354.	7 28	11 41	15 55	6 09 21	8 19	12 57	17 36	●
52. hét								
21. h 355.	7 29	11 42	15 55	6 13 17	9 05	13 48	18 34	●
22. k 356.	7 29	11 42	15 56	6 17 14	9 46	14 39	19 38	●
23. sz 357.	7 30	11 43	15 56	6 21 10	10 22	15 30	20 44	●
24. cs 358.	7 30	11 43	15 57	6 25 07	10 55	16 20	21 53	●
25. p 359.	7 31	11 44	15 57	6 29 03	11 25	17 09	23 04	●
26. sz 360.	7 31	11 44	15 58	6 33 00	11 54	17 59	—	●
27. v 361.	7 31	11 45	15 59	6 36 56	12 23	18 51	0 16	○
53. hét								
28. h 362.	7 31	11 45	16 00	6 40 53	12 54	19 43	1 30	○
29. k 363.	7 32	11 46	16 00	6 44 50	13 28	20 39	2 45	○
30. sz 364.	7 32	11 46	16 01	6 48 46	14 08	21 37	4 00	○
31. cs 365.	7 32	11 47	16 02	6 52 43	14 54	22 36	5 14	○

Jelenségek

1. 16^h A Merkúr alsó együttállásban a Nappal.
 3. 07^h A Hold elfedi a Cerest (házánkból nem látható).
 3. 14^h A Hold elfedi az Aldebarant (házánkból nem látható).
 9. 07^h A Hold elfedi a Regulust (házánkból nem látható).
 12. 09^h A Mars 1°8'-kal délre a Holdtól.
 20. 05^h A Merkúr legnagyobb nyugati kitérésben (22°).
 22. 02^h 56^m Téli napforduló.



*Az égbolt látványa a hónap közepén,
egy órával napnyugta után*

A bolygók képe távcsőben

Merkúr: 1-jén alsó együttállásban van a Nappal, majd láthatósága gyorsan javul. A hónap közepén egy, a végén egy és háromnegyed órával kel a Nap előtt. 20-án legnagyobb nyugati kitérésben, 22° -ra a Naptól. Ekkor a hajnali szürkületben, a délkeleti égbolton kereshető.

Vénusz: A hó elején fél, a végén egy órával nyugszik a Nap után. A hónap végén már felkereshető az esti szürkületben. Fényessége -3^m9 , látszó átmérője $10''$, fázisa 1.0 körüli.

Mars: Éjfél után egy órával kel, az éjszaka második felében látható a Szűz csillagképben.

Jupiter: Éjfél előtt nyugszik, az éjszaka első felében látható a Vízöntő csillagképben.

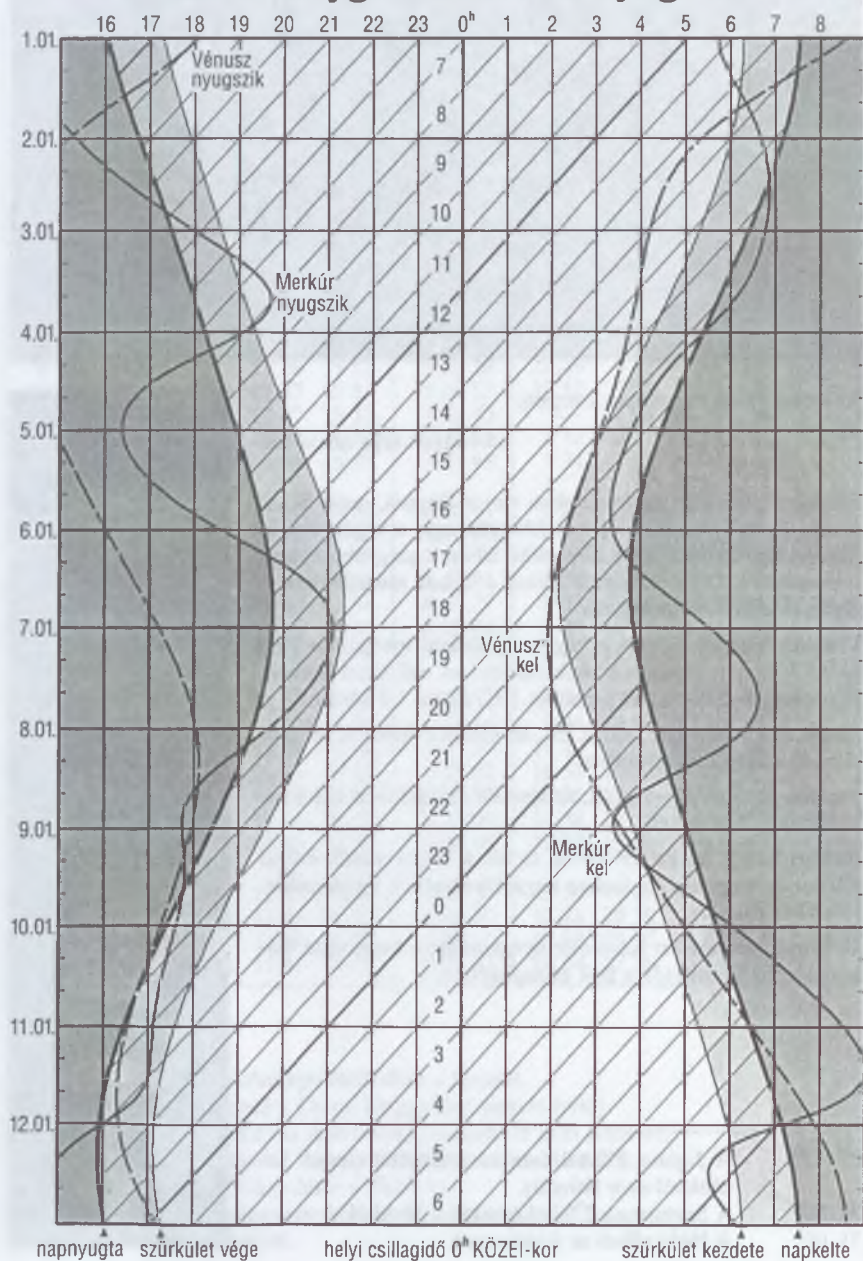
Szaturnusz: A hó elején három és fél, a végén másfél órával éjfél után nyugszik. Az éjszaka nagyobb részében megfigyelhető a Halakban.

Uránusz, Neptunusz: Késő este nyugszanak, a napnyugta utáni órákban kereshetők a Bak csillagképben.

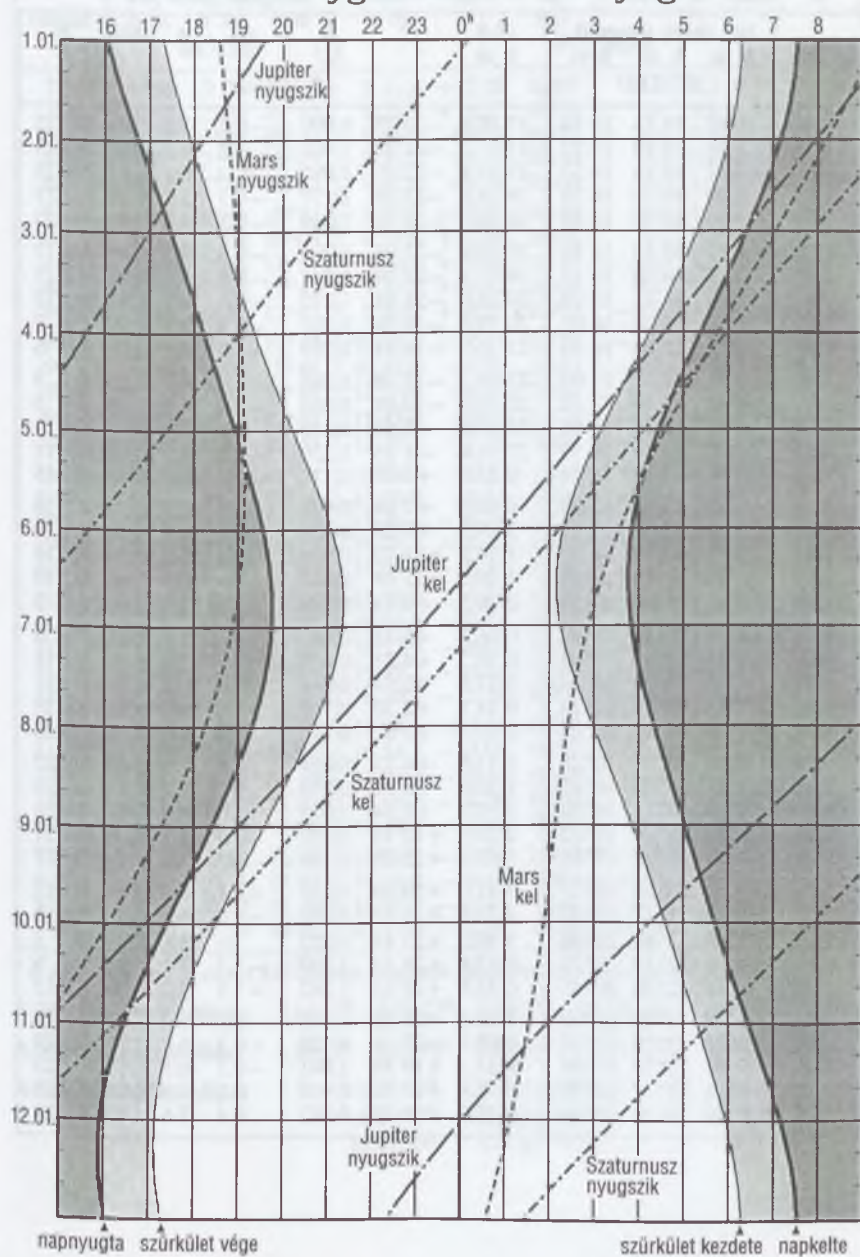
25. 12^h A Jupiter $1^\circ 2'$ -kal északra a Holdtól (fedés, házátkból nem látható).
 28. 00^h A Szaturnusz $2^\circ 0'$ -kal északra a Holdtól.
 31. 00^h A Hold elfedi az Aldebarant.



A belső bolygók kelése és nyugvása



A külső bolygók kelése és nyugvása



Merkúr

dátum	kel, delel, nyugszik h m h m h m	RA h m	D ° '	Δ AU	m	\varnothing "	fázis	E °
KÖZEI* 0 ^h UT-kor								
1.01.	5 45 10 13 14 40	17 10.8	-20 25	0.899	-0.1	7.5	0.48	Ny 22
1.06.	5 48 10 10 14 32	17 27.7	-21 23	1.003	-0.2	6.7	0.62	Ny 23
1.11.	5 57 10 14 14 32	17 51.1	-22 20	1.097	-0.3	6.1	0.72	Ny 23
1.16.	6 09 10 22 14 36	18 18.6	-23 00	1.177	-0.3	5.7	0.79	Ny 21
1.21.	6 20 10 33 14 45	18 48.5	-23 16	1.244	-0.3	5.4	0.85	Ny 20
1.26.	6 31 10 45 14 59	19 20.1	-23 04	1.299	-0.3	5.2	0.89	Ny 17
1.31.	6 39 10 58 15 17	19 52.7	-22 19	1.341	-0.4	5.0	0.92	Ny 15
2.05.	6 46 11 11 15 38	20 26.0	-21 01	1.372	-0.5	4.9	0.94	Ny 12
2.10.	6 50 11 26 16 02	20 59.8	-19 09	1.391	-0.8	4.8	0.97	Ny 9
2.15.	6 51 11 40 16 30	21 33.9	-16 41	1.397	-1.0	4.8	0.98	Ny 6
2.20.	6 51 11 55 17 00	22 08.3	-13 38	1.388	-1.4	4.8	1.00	D 3
2.25.	6 49 12 10 17 32	22 42.9	-10 01	1.360	-1.6	4.9	1.00	K 3
3.02.	6 45 12 25 18 06	23 17.5	-5 53	1.310	-1.5	5.1	0.97	K 7
3.07.	6 40 12 39 18 39	23 51.4	-1 25	1.230	-1.3	5.5	0.90	K 11
3.12.	6 32 12 50 19 10	0 23.0	+3 05	1.121	-1.0	6.0	0.76	K 15
3.17.	6 21 12 56 19 33	0 49.4	+7 04	0.990	-0.6	6.8	0.57	K 18
3.22.	6 06 12 53 19 42	1 07.3	+9 58	0.854	0.2	7.9	0.36	K 18
3.27.	5 46 12 40 19 33	1 14.3	+11 22	0.734	—	9.2	0.18	K 16
4.01.	5*24 12*15 19*06	1 10.5	+11 04	0.645	—	10.4	0.06	K 10
4.06.	5*02 11*44 18*25	0 59.3	+9 15	0.594	—	11.3	0.00	É 3
4.11.	4*41 11*12 17*42	0 46.7	+6 41	0.582	—	11.6	0.03	Ny 8
4.16.	4*24 10*45 17*05	0 38.7	+4 21	0.603	—	11.1	0.10	Ny 15
4.21.	4*10 10*25 16*40	0 37.8	+2 54	0.648	—	10.4	0.18	Ny 21
4.26.	3*58 10*12 16*26	0 44.1	+2 30	0.708	1.1	9.5	0.28	Ny 25
5.01.	3*48 10*05 16*23	0 56.5	+3 07	0.778	0.7	8.6	0.36	Ny 26
5.06.	3*40 10*03 16*28	1 13.8	+4 33	0.854	0.4	7.9	0.45	Ny 27
5.11.	3*32 10*05 16*40	1 35.4	+6 38	0.935	0.2	7.2	0.53	Ny 26
5.16.	3*26 10*11 16*58	2 00.7	+9 14	1.018	0.0	6.6	0.61	Ny 24
5.21.	3*22 10*21 17*22	2 29.8	+12 13	1.101	-0.3	6.1	0.70	Ny 21
5.26.	3*20 10*35 17*52	3 03.1	+15 25	1.181	-0.7	5.7	0.79	Ny 17
5.31.	3*22 10*54 18*27	3 41.0	+18 38	1.251	-1.1	5.4	0.89	Ny 12
6.05.	3*29 11*17 19*07	4 23.6	+21 32	1.302	-1.6	5.2	0.97	Ny 6
6.10.	3*43 11*44 19*46	5 10.0	+23 44	1.322	—	5.1	1.00	É 1
6.15.	4*04 12*12 20*21	5 57.8	+24 54	1.307	-1.7	5.1	0.97	K 6
6.20.	4*31 12*38 20*45	6 43.9	+24 55	1.262	-1.1	5.3	0.90	K 12
6.25.	4*59 13*00 21*00	7 26.1	+23 56	1.196	-0.7	5.6	0.81	K 16
6.30.	5*27 13*18 21*06	8 03.4	+22 11	1.120	-0.3	6.0	0.71	K 20
7.05.	5*52 13*30 21*05	8 35.7	+19 58	1.041	-0.1	6.5	0.63	K 23
7.10.	6*13 13*37 20*59	9 02.9	+17 28	0.960	0.2	7.0	0.55	K 26
7.15.	6*28 13*38 20*48	9 25.0	+14 55	0.882	0.4	7.6	0.47	K 27

dátum	kel, delel, nyugszik			RA	D	Δ	m	ø	fázis	E
	h m	h m	h m	h m	° '	AU		"		°
KÖZEI*										
0 ^h UT-kor										
7.20.	6*36	13*35	20*32	9 41.8	+12 29	0.807	0.6	8.3	0.39	K 26
7.25.	6*37	13*25	20*13	9 52.7	+10 23	0.738	1.0	9.1	0.30	K 25
7.30.	6*28	13*09	19*50	9 56.7	+8 52	0.677	—	9.9	0.21	K 22
8.04.	6*07	12*45	19*23	9 53.2	+8 13	0.630	—	10.7	0.12	K 17
8.09.	5*34	12*14	18*55	9 42.4	+8 38	0.604	—	11.1	0.04	K 10
8.14.	4*53	11*40	18*27	9 27.5	+10 03	0.610	—	11.0	0.01	D 5
8.19.	4*12	11*08	18*05	9 14.8	+12 01	0.655	—	10.3	0.05	Ny 9
8.24.	3*40	10*45	17*51	9 10.8	+13 47	0.740	—	9.1	0.16	Ny 15
8.29.	3*25	10*35	17*45	9 19.3	+14 42	0.858	0.3	7.8	0.34	Ny 18
9.03.	3*28	10*37	17*45	9 40.0	+14 23	0.995	-0.5	6.8	0.56	Ny 18
9.08.	3*46	10*47	17*47	10 09.7	+12 43	1.128	-1.0	6.0	0.75	Ny 15
9.13.	4*14	11*02	17*48	10 43.9	+9 55	1.240	-1.2	5.4	0.89	Ny 11
9.18.	4*46	11*17	17*47	11 18.9	+6 23	1.321	-1.4	5.1	0.97	Ny 7
9.23.	5*17	11*32	17*44	11 53.0	+2 31	1.374	-1.6	4.9	0.99	É 3
9.28.	5*47	11*44	17*40	12 25.5	-1 25	1.403	-1.5	4.8	1.00	K 2
10.03.	6*16	11*56	17*34	12 56.7	-5 16	1.413	-1.1	4.8	0.99	K 6
10.08.	6*42	12*06	17*28	13 26.9	-8 55	1.407	-0.8	4.8	0.97	K 9
10.13.	7*08	12*16	17*23	13 56.4	-12 20	1.387	-0.5	4.8	0.95	K 12
10.18.	7*32	12*25	17*17	14 25.5	-15 27	1.355	-0.4	5.0	0.92	K 15
10.23.	7*55	12*34	17*13	14 54.4	-18 13	1.311	-0.3	5.1	0.89	K 17
10.28.	8 17	12 43	17 09	15 22.9	-20 37	1.255	-0.3	5.4	0.85	K 19
11.02.	8 36	12 51	17 06	15 50.9	-22 35	1.185	-0.2	5.7	0.79	K 21
11.07.	8 51	12 58	17 05	16 17.5	-24 03	1.102	-0.2	6.1	0.72	K 22
11.12.	9 00	13 02	17 03	16 41.2	-24 56	1.006	-0.2	6.7	0.62	K 23
11.17.	8 58	12 59	16 59	16 58.7	-25 10	0.900	0.0	7.5	0.48	K 22
11.22.	8 40	12 44	16 48	17 05.1	-24 35	0.793	0.6	8.5	0.28	K 18
11.27.	7 59	12 12	16 26	16 54.5	-23 00	0.707	—	9.5	0.09	K 10
12.02.	7 00	11 26	15 54	16 28.9	-20 31	0.679	—	9.9	0.00	É 2
12.07.	6 07	10 45	15 23	16 05.7	-18 20	0.727	—	9.3	0.12	Ny 12
12.12.	5 39	10 20	15 01	15 59.3	-17 42	0.827	0.2	8.1	0.34	Ny 19
12.17.	5 33	10 11	14 48	16 08.7	-18 26	0.944	-0.3	7.1	0.54	Ny 21
12.22.	5 40	10 11	14 42	16 28.2	-19 48	1.054	-0.4	6.4	0.68	Ny 22
12.27.	5 54	10 17	14 40	16 53.5	-21 17	1.150	-0.4	5.8	0.78	Ny 21
1.01.	6 10	10 26	14 42	17 22.2	-22 34	1.230	-0.4	5.5	0.84	Ny 19

* A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

A Merkúr napközelen: 3.14.17^h 6.09.23^h 9.05.23^h 12.02.22^h

A Merkúr naptávolban: 1.29.17^h 4.27.17^h 7.23.23^h 10.19.22^h

A Merkúr földközelen: 4.10.03^h 0.5819 AU
8.10.17^h 0.6022 AU
12.01.09^h 0.6783 AU

Vénusz

dátum	kel, delel, nyugszik h m h m h m			RA h m	D ° '	Δ AU	m	\varnothing "	fázis	E °
	KÖZEI*			0 ^h UT-kor						
1.01.	8 37	13 20	18 04	20 20.8	-17 24	0.297	-4.5	56.2	0.08	K 23
1.06.	8 06	12 53	17 40	20 13.2	-16 30	0.281	-4.4	59.5	0.04	K 17
1.11.	7 31	12 22	17 13	20 02.2	-15 46	0.270	-4.2	1.8	0.01	K 10
1.16.	6 56	11 49	16 43	19 49.2	-15 15	0.267	—	2.5	0.01	Ny 6
1.21.	6 22	11 17	16 12	19 36.4	-14 56	0.271	-4.2	1.6	0.01	Ny 10
1.26.	5 52	10 47	15 43	19 25.8	-14 49	0.282	-4.3	59.1	0.04	Ny 17
1.31.	5 26	10 21	15 16	19 18.8	-14 52	0.300	-4.5	55.7	0.08	Ny 23
2.05.	5 04	9 59	14 53	19 16.1	-15 03	0.322	-4.6	51.8	0.12	Ny 28
2.10.	4 47	9 41	14 34	19 17.5	-15 19	0.349	-4.6	47.8	0.17	Ny 33
2.15.	4 34	9 27	14 19	19 22.8	-15 35	0.380	-4.6	44.0	0.21	Ny 37
2.20.	4 25	9 16	14 07	19 31.5	-15 48	0.412	-4.6	40.5	0.26	Ny 39
2.25.	4 17	9 08	13 59	19 43.0	-15 56	0.447	-4.6	37.4	0.30	Ny 42
3.02.	4 11	9 02	13 53	19 56.8	-15 56	0.483	-4.6	34.6	0.34	Ny 43
3.07.	4 06	8 58	13 50	20 12.3	-15 47	0.520	-4.6	32.1	0.37	Ny 45
3.12.	4 02	8 55	13 49	20 29.3	-15 27	0.558	-4.5	29.9	0.40	Ny 45
3.17.	3 58	8 54	13 50	20 47.4	-14 56	0.596	-4.5	28.0	0.43	Ny 46
3.22.	3 54	8 53	13 53	21 06.4	-14 13	0.635	-4.4	26.3	0.46	Ny 46
3.27.	3 49	8 53	13 57	21 26.0	-13 18	0.674	-4.4	24.8	0.49	Ny 47
4.01.	3*44	8*54	14*03	21 46.1	-12 12	0.713	-4.3	23.4	0.52	Ny 46
4.06.	3*39	8*54	14*10	22 06.4	-10 55	0.752	-4.3	22.2	0.54	Ny 46
4.11.	3*33	8*55	14*17	22 27.0	-9 28	0.792	-4.3	21.1	0.56	Ny 46
4.16.	3*27	8*56	14*26	22 47.7	-7 52	0.831	-4.2	20.1	0.59	Ny 45
4.21.	3*21	8*57	14*35	23 08.5	-6 08	0.870	-4.2	19.2	0.61	Ny 45
4.26.	3*14	8*58	14*44	23 29.4	-4 18	0.908	-4.2	18.4	0.63	Ny 44
5.01.	3*06	9*00	14*54	23 50.4	-2 22	0.947	-4.1	17.6	0.65	Ny 44
5.06.	2*59	9*01	15*04	0 11.4	-0 21	0.984	-4.1	17.0	0.67	Ny 43
5.11.	2*51	9*02	15*14	0 32.5	+1 42	1.022	-4.1	16.3	0.69	Ny 42
5.16.	2*44	9*04	15*25	0 53.8	+3 47	1.059	-4.1	15.8	0.70	Ny 41
5.21.	2*36	9*06	15*36	1 15.3	+5 52	1.095	-4.0	15.2	0.72	Ny 40
5.26.	2*29	9*08	15*47	1 37.1	+7 56	1.131	-4.0	14.8	0.74	Ny 39
5.31.	2*22	9*10	15*59	1 59.1	+9 58	1.166	-4.0	14.3	0.75	Ny 38
6.05.	2*16	9*13	16*11	2 21.4	+11 55	1.200	-4.0	13.9	0.77	Ny 37
6.10.	2*10	9*16	16*23	2 44.2	+13 48	1.234	-4.0	13.5	0.78	Ny 36
6.15.	2*05	9*19	16*35	3 07.4	+15 33	1.266	-4.0	13.2	0.80	Ny 35
6.20.	2*00	9*23	16*47	3 31.0	+17 10	1.298	-3.9	12.9	0.81	Ny 34
6.25.	1*57	9*28	16*59	3 55.1	+18 37	1.329	-3.9	12.6	0.83	Ny 33
6.30.	1*55	9*33	17*11	4 19.7	+19 53	1.359	-3.9	12.3	0.84	Ny 32
7.05.	1*55	9*38	17*22	4 44.7	+20 57	1.388	-3.9	12.0	0.85	Ny 30
7.10.	1*56	9*44	17*32	5 10.1	+21 47	1.416	-3.9	11.8	0.86	Ny 29
7.15.	1*58	9*50	17*41	5 35.9	+22 23	1.443	-3.9	11.6	0.88	Ny 28

dátum	kel, delel, nyugszik h m h m h m			RA h m	D ° '	Δ AU	m	\varnothing "	fázis	E °
	KÖZEI*			0 ^h UT-kor						
7.20.	2*03	9*56	17*50	6 01.9	+22 43	1.468	-3.9	11.4	0.89	Ny 27
7.25.	2*09	10*03	17*56	6 28.1	+22 47	1.493	-3.9	11.2	0.90	Ny 25
7.30.	2*17	10*09	18*01	6 54.3	+22 35	1.516	-3.9	11.0	0.91	Ny 24
8.04.	2*26	10*16	18*05	7 20.4	+22 07	1.538	-3.9	10.8	0.92	Ny 23
8.09.	2*36	10*22	18*07	7 46.4	+21 22	1.559	-3.9	10.7	0.93	Ny 22
8.14.	2*48	10*28	18*07	8 12.2	+20 23	1.578	-3.9	10.6	0.94	Ny 20
8.19.	3*00	10*34	18*06	8 37.7	+19 08	1.597	-3.9	10.5	0.94	Ny 19
8.24.	3*14	10*39	18*03	9 02.8	+17 40	1.614	-3.9	10.3	0.95	Ny 18
8.29.	3*27	10*44	17*59	9 27.5	+15 59	1.629	-3.9	10.2	0.96	Ny 16
9.03.	3*41	10*48	17*55	9 51.8	+14 07	1.643	-3.9	10.2	0.97	Ny 15
9.08.	3*55	10*53	17*49	10 15.7	+12 05	1.656	-3.9	10.1	0.97	Ny 14
9.13.	4*09	10*57	17*43	10 39.3	+9 55	1.668	-3.9	10.0	0.98	Ny 12
9.18.	4*23	11*00	17*36	11 02.7	+7 37	1.678	-3.9	9.9	0.98	Ny 11
9.23.	4*37	11*03	17*29	11 25.8	+5 14	1.687	-3.9	9.9	0.99	Ny 10
9.28.	4*51	11*07	17*21	11 48.7	+2 47	1.695	-3.9	9.8	0.99	Ny 8
10.03.	5*05	11*10	17*13	12 11.6	+0 18	1.702	-3.9	9.8	0.99	Ny 7
10.08.	5*20	11*13	17*05	12 34.4	-2 12	1.707	-3.9	9.8	0.99	Ny 6
10.13.	5*34	11*16	16*58	12 57.4	-4 42	1.711	-3.9	9.8	1.00	Ny 5
10.18.	5*48	11*20	16*50	13 20.5	-7 09	1.714	-3.9	9.7	1.00	Ny 3
10.23.	6*03	11*23	16*43	13 43.9	-9 33	1.715	-3.9	9.7	1.00	É 2
10.28.	6 17	11 27	16 37	14 07.6	-11 51	1.716	-3.9	9.7	1.00	É 1
11.02.	6 32	11 32	16 31	14 31.7	-14 03	1.715	-3.9	9.7	1.00	K 1
11.07.	6 47	11 37	16 26	14 56.3	-16 05	1.714	-3.9	9.7	1.00	K 2
11.12.	7 02	11 42	16 22	15 21.4	-17 57	1.711	-3.9	9.8	1.00	K 3
11.17.	7 16	11 48	16 20	15 47.0	-19 38	1.707	-3.9	9.8	1.00	K 4
11.22.	7 30	11 55	16 18	16 13.0	-21 04	1.702	-3.9	9.8	0.99	K 6
11.27.	7 44	12 01	16 19	16 39.6	-22 16	1.696	-3.9	9.8	0.99	K 7
12.02.	7 56	12 09	16 21	17 06.5	-23 11	1.689	-3.9	9.9	0.99	K 8
12.07.	8 07	12 16	16 25	17 33.8	-23 48	1.682	-3.9	9.9	0.99	K 9
12.12.	8 17	12 24	16 31	18 01.3	-24 08	1.673	-3.9	10.0	0.98	K 11
12.17.	8 25	12 32	16 39	18 28.8	-24 09	1.663	-3.9	10.0	0.98	K 12
12.22.	8 30	12 40	16 49	18 56.2	-23 51	1.653	-3.9	10.1	0.98	K 13
12.27.	8 34	12 47	17 00	19 23.5	-23 15	1.641	-3.9	10.2	0.97	K 14
1.01.	8 36	12 54	17 13	19 50.4	-22 21	1.629	-3.9	10.2	0.97	K 15

*A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

A Vénusz napközben: 1.25.22^h 9.07.12^h

A Vénusz naptávolban: 5.18.03^h 12.28.19^h

A Vénusz földközben: 1.15.16^h 0.2669 AU

Mars

dátum	kel h m	delel h m	nyugszik h m	RA h m	D ° '	Δ AU	m	\varnothing "	fázis	E °
	KÖZEI*			0 ^h UT-kor						
1.01.	9 18	13 56	18 34	20 54.2	-18 39	2.137	1.2	4.4	0.97	K 30
1.11.	8 59	13 48	18 38	21 25.7	-16 18	2.169	1.2	4.3	0.97	K 28
1.21.	8 37	13 39	18 42	21 56.5	-13 40	2.200	1.2	4.3	0.97	K 26
1.31.	8 14	13 30	18 46	22 26.6	-10 48	2.231	1.2	4.2	0.98	K 24
2.10.	7 51	13 20	18 50	22 56.1	-7 47	2.262	1.2	4.1	0.98	K 21
2.20.	7 26	13 10	18 53	23 25.0	-4 39	2.292	1.2	4.1	0.99	K 19
3.02.	7 02	12 59	18 56	23 53.5	-1 29	2.321	1.2	4.0	0.99	K 17
3.12.	6 37	12 47	18 59	0 21.8	+1 41	2.349	1.2	4.0	0.99	K 14
3.22.	6 12	12 36	19 01	0 49.9	+4 47	2.376	1.3	3.9	0.99	K 12
4.01.	5*47	12*25	19*03	1 18.0	+7 48	2.402	1.3	3.9	1.00	K 10
4.11.	5*23	12*14	19*05	1 46.2	+10 39	2.426	1.3	3.9	1.00	K 8
4.21.	4*59	12*03	19*07	2 14.7	+13 19	2.448	1.3	3.8	1.00	K 5
5.01.	4*37	11*52	19*08	2 43.4	+15 45	2.467	1.3	3.8	1.00	K 3
5.11.	4*15	11*42	19*09	3 12.5	+17 55	2.484	1.3	3.8	1.00	K 0
5.21.	3*55	11*32	19*08	3 41.8	+19 47	2.498	1.4	3.7	1.00	Ny 2
5.31.	3*37	11*22	19*07	4 11.4	+21 20	2.509	1.4	3.7	1.00	Ny 5
6.10.	3*21	11*12	19*04	4 41.3	+22 33	2.516	1.5	3.7	1.00	Ny 7
6.20.	3*06	11*03	19*00	5 11.2	+23 24	2.518	1.5	3.7	1.00	Ny 10
6.30.	2*54	10*53	18*53	5 41.1	+23 54	2.517	1.6	3.7	0.99	Ny 12
7.10.	2*43	10*43	18*44	6 10.7	+24 02	2.510	1.6	3.7	0.99	Ny 15
7.20.	2*34	10*33	18*32	6 40.1	+23 50	2.499	1.6	3.7	0.99	Ny 18
7.30.	2*27	10*23	18*18	7 08.9	+23 18	2.483	1.7	3.8	0.99	Ny 21
8.09.	2*21	10*12	18*02	7 37.1	+22 27	2.461	1.7	3.8	0.98	Ny 24
8.19.	2*15	10*00	17*44	8 04.7	+21 20	2.433	1.7	3.9	0.98	Ny 27
8.29.	2*10	9*47	17*23	8 31.6	+19 58	2.399	1.7	3.9	0.97	Ny 30
9.08.	2*05	9*34	17*02	8 57.6	+18 22	2.359	1.7	4.0	0.97	Ny 34
9.18.	2*00	9*20	16*38	9 23.0	+16 36	2.313	1.7	4.0	0.96	Ny 37
9.28.	1*55	9*05	16*14	9 47.5	+14 40	2.261	1.7	4.1	0.96	Ny 41
10.08.	1*50	8*49	15*48	10 11.4	+12 37	2.203	1.7	4.3	0.95	Ny 44
10.18.	1*43	8*33	15*22	10 34.6	+10 29	2.138	1.6	4.4	0.95	Ny 48
10.28.	1 37	8 16	14 55	10 57.3	+8 17	2.068	1.6	4.5	0.94	Ny 52
11.07.	1 29	7 59	14 28	11 19.3	+6 03	1.992	1.6	4.7	0.93	Ny 56
11.17.	1 21	7 41	14 00	11 40.8	+3 49	1.911	1.5	4.9	0.93	Ny 60
11.27.	1 13	7 22	13 32	12 01.8	+1 38	1.825	1.4	5.1	0.92	Ny 65
12.07.	1 03	7 04	13 04	12 22.2	-0 31	1.734	1.3	5.4	0.92	Ny 69
12.17.	0 52	6 44	12 35	12 42.1	-2 34	1.640	1.2	5.7	0.91	Ny 74
12.27.	0 41	6 24	12 07	13 01.4	-4 31	1.542	1.1	6.1	0.91	Ny 79

* A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

A Mars napközében: 1.07.11^h

A Mars naptávolban: 12.16.22^h

A Mars centrálmeridiánjának hosszúsága (fok)

nap 0 ^h UT	hónap											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
1.	80	132	213	264	328	25	93	152	210	278	336	44
2.	70	122	203	254	318	15	83	142	200	268	326	34
3.	60	112	193	245	309	5	73	132	191	258	316	25
4.	51	102	183	235	299	355	64	122	181	249	306	15
5.	41	92	173	225	289	346	54	113	171	239	297	5
6.	31	82	163	215	279	336	44	103	161	229	287	355
7.	21	72	153	205	269	326	34	93	152	219	277	346
8.	11	62	143	195	259	316	25	84	142	210	268	336
9.	1	52	133	185	250	307	15	74	132	200	258	326
10.	351	43	123	175	240	297	5	64	123	190	248	317
11.	341	33	113	165	230	287	356	54	113	180	238	307
12.	331	23	103	155	220	278	346	45	103	171	229	297
13.	321	13	93	146	210	268	336	35	93	161	219	288
14.	311	3	83	136	201	258	326	25	84	151	209	278
15.	301	353	73	126	191	248	317	15	74	141	199	268
16.	292	343	63	116	181	239	307	6	64	132	190	259
17.	282	333	53	106	171	229	297	356	54	122	180	249
18.	272	323	43	96	162	219	288	346	45	112	170	239
19.	262	313	33	86	152	209	278	337	35	102	160	230
20.	252	303	24	76	142	200	268	327	25	93	151	220
21.	242	293	14	67	132	190	258	317	15	83	141	210
22.	232	283	4	57	122	180	249	307	6	73	131	201
23.	222	273	354	47	113	170	239	298	356	63	122	191
24.	212	263	344	37	103	161	229	288	346	54	112	182
25.	202	253	334	27	93	151	220	278	336	44	102	172
26.	192	243	324	17	83	141	210	269	327	34	92	162
27.	182	233	314	8	74	132	200	259	317	24	83	153
28.	172	223	304	358	64	122	190	249	307	15	73	143
29.	162		294	348	54	112	181	239	297	5	63	133
30.	152		284	338	44	102	171	230	288	355	54	124
31.	142		274		35		161	220		345		114

A centrálmeridián hosszúságváltozása

óra	°	óra	°	óra	°
1	14.6	9	131.4	17	248.3
2	29.2	10	146.0	18	262.9
3	43.8	11	160.6	19	277.5
4	58.4	12	175.2	20	292.1
5	73.0	13	189.9	21	306.7
6	87.6	14	204.5	22	321.3
7	102.2	15	219.1	23	335.9
8	116.8	16	233.7	24	350.5

Jupiter

dátum	kel, delel, nyugszik h m h m h m			RA h m	D ° '	Δ AU	m	ϕ "	E °
	KÖZEI*			0 ^h UT-kor					
1.01.	9 45	14 40	19 36	21 39.6	-14 55	5.710	-2.1	34.5	K 42
1.11.	9 10	14 09	19 08	21 47.9	-14 13	5.805	-2.0	34.0	K 34
1.21.	8 36	13 38	18 41	21 56.6	-13 27	5.882	-2.0	33.5	K 26
1.31.	8 02	13 08	18 14	22 05.6	-12 39	5.941	-2.0	33.2	K 18
2.10.	7 28	12 38	17 48	22 14.7	-11 49	5.978	-2.0	33.0	K 10
2.20.	6 53	12 08	17 22	22 23.8	-10 58	5.996	-2.0	32.9	K 3
3.02.	6 19	11 37	16 56	22 32.9	-10 05	5.992	-2.0	32.9	Ny 5
3.12.	5 45	11 07	16 29	22 42.0	-9 13	5.968	-2.0	33.0	Ny 13
3.22.	5 10	10 36	16 03	22 50.8	-8 20	5.924	-2.0	33.3	Ny 20
4.01.	4*36	10*06	15*36	22 59.5	-7 28	5.860	-2.0	33.6	Ny 28
4.11.	4*01	9*35	15*08	23 07.8	-6 38	5.778	-2.1	34.1	Ny 36
4.21.	3*26	9*03	14*40	23 15.7	-5 50	5.680	-2.1	34.7	Ny 43
5.01.	2*51	8*31	14*12	23 23.1	-5 05	5.566	-2.1	35.4	Ny 51
5.11.	2*15	7*59	13*42	23 30.0	-4 23	5.439	-2.2	36.2	Ny 59
5.21.	1*39	7*26	13*12	23 36.3	-3 45	5.301	-2.2	37.2	Ny 67
5.31.	1*03	6*52	12*41	23 41.8	-3 12	5.155	-2.3	38.2	Ny 75
6.10.	0*27	6*17	12*08	23 46.5	-2 44	5.003	-2.4	39.4	Ny 83
6.20.	23*46	5*42	11*34	23 50.2	-2 23	4.848	-2.4	40.7	Ny 92
6.30.	23*08	5*05	10*58	23 53.0	-2 08	4.694	-2.5	42.0	Ny 100
7.10.	22*30	4*27	10*21	23 54.6	-2 01	4.545	-2.6	43.4	Ny 110
7.20.	21*51	3*48	9*42	23 55.0	-2 01	4.404	-2.6	44.8	Ny 119
7.30.	21*11	3*08	9*01	23 54.3	-2 09	4.276	-2.7	46.1	Ny 129
8.09.	20*31	2*27	8*19	23 52.3	-2 25	4.165	-2.8	47.3	Ny 139
8.19.	19*50	1*45	7*35	23 49.3	-2 47	4.075	-2.8	48.4	Ny 149
8.29.	19*09	1*01	6*50	23 45.4	-3 15	4.009	-2.9	49.2	Ny 160
9.08.	18*27	0*18	6*03	23 40.9	-3 45	3.972	-2.9	49.6	Ny 171
9.18.	17*46	23*29	5*17	23 36.0	-4 17	3.964	-2.9	49.7	K 177
9.28.	17*04	22*45	4*31	23 31.2	-4 48	3.986	-2.9	49.5	K 167
10.08.	16*22	22*01	3*45	23 26.8	-5 16	4.037	-2.9	48.8	K 156
10.18.	15*41	21*18	3*00	23 23.2	-5 37	4.115	-2.8	47.9	K 145
10.28.	15 00	20 37	2 17	23 20.5	-5 52	4.218	-2.8	46.7	K 134
11.07.	14 20	19 56	1 36	23 19.0	-5 59	4.341	-2.7	45.4	K 124
11.17.	13 40	19 16	0 57	23 18.8	-5 58	4.479	-2.6	44.0	K 114
11.27.	13 01	18 38	0 19	23 19.8	-5 49	4.628	-2.5	42.6	K 104
12.07.	12 23	18 01	23 40	23 22.0	-5 32	4.784	-2.5	41.2	K 94
12.17.	11 45	17 25	23 06	23 25.4	-5 08	4.942	-2.4	39.9	K 85
12.27.	11 08	16 50	22 33	23 29.8	-4 38	5.098	-2.3	38.7	K 76

*A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

A Jupiter földközelen: 9.15.17^h 3.9629 AU

A Jupiter centrálmeridiánjának hosszúsága (fok) I. rsz.

nap 0 ^h UT	hónap											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
1.	109	316	50	258	310	162	219	76	295	355	212	266
2.	266	113	208	56	108	320	17	234	93	153	10	64
3.	64	271	5	214	266	118	175	32	251	311	167	222
4.	222	69	163	11	64	276	332	190	49	109	325	19
5.	19	226	321	169	221	74	130	348	207	267	123	177
6.	177	24	118	327	19	231	288	146	5	65	281	335
7.	335	181	276	124	177	29	86	304	163	223	79	133
8.	132	339	74	282	335	187	244	102	321	21	237	290
9.	290	137	231	80	133	345	42	260	119	179	35	88
10.	88	294	29	238	290	143	200	58	277	337	192	246
11.	245	92	187	35	88	301	358	216	75	135	350	44
12.	43	250	344	193	246	99	156	14	233	293	148	201
13.	200	47	142	351	44	256	314	172	31	91	306	359
14.	358	205	300	149	201	54	112	330	189	249	104	157
15.	156	3	97	306	359	212	270	128	347	47	262	315
16.	313	160	255	104	157	10	68	286	145	205	59	112
17.	111	318	53	262	315	168	226	84	303	3	217	270
18.	269	116	210	59	113	326	24	242	101	161	15	68
19.	66	273	8	217	270	124	182	40	259	319	173	225
20.	224	71	166	15	68	282	340	198	57	117	331	23
21.	22	229	323	173	226	80	138	356	215	275	128	181
22.	179	26	121	330	24	237	296	154	13	73	286	339
23.	337	184	279	128	182	35	94	312	171	231	84	136
24.	134	342	77	286	340	193	252	110	329	28	242	294
25.	292	139	234	84	137	351	50	268	127	186	40	92
26.	90	297	32	241	295	149	208	66	285	344	197	249
27.	247	95	190	39	93	307	6	224	83	142	355	47
28.	45	252	347	197	251	105	164	22	241	300	153	205
29.	203		145	355	49	263	322	180	39	98	311	2
30.	0		303	153	207	61	120	338	197	256	108	160
31.	158		100		4		278	136		54		318

A centrálmeridián hosszúságváltozása (fok)

óra	perc					
	0	10	20	30	40	50
0	0.0	6.1	12.2	18.3	24.4	30.5
1	36.6	42.7	48.8	54.9	61.0	67.1
2	73.2	79.3	85.4	91.5	97.5	103.6
3	109.7	115.8	121.9	128.0	134.1	140.2
4	146.3	152.4	158.5	164.6	170.7	176.8
5	182.9	189.0	195.1	201.2	207.3	213.4
6	219.5	225.6	231.7	237.8	243.9	250.0
7	256.1	262.2	268.3	274.4	280.5	286.6
8	292.7	298.8	304.9	311.0	317.0	323.1
9	329.2	335.3	341.4	347.5	353.6	359.7

A Jupiter centrálmeridiánjának hosszúsága (fok) II. rsz.

nap 0 ^h UT	hónap											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
1.	259	229	110	82	265	240	68	48	31	222	202	28
2.	49	19	260	232	55	30	218	198	181	13	352	178
3.	199	169	50	22	205	181	8	349	331	163	143	328
4.	349	319	200	172	355	331	159	139	122	314	293	118
5.	139	109	350	322	145	121	309	290	272	104	83	268
6.	289	259	140	112	296	271	99	80	63	254	233	59
7.	79	49	290	262	86	62	250	230	213	45	24	209
8.	229	199	80	52	236	212	40	21	3	195	174	359
9.	19	349	230	202	26	2	190	171	154	345	324	149
10.	169	139	20	352	176	152	340	322	304	136	114	299
11.	319	289	170	143	326	302	131	112	95	286	265	89
12.	109	79	320	293	116	93	281	262	245	76	55	239
13.	259	229	110	83	267	243	71	53	35	227	205	29
14.	49	19	260	233	57	33	222	203	186	17	355	179
15.	199	169	50	23	207	183	12	354	336	167	145	329
16.	349	319	201	173	357	334	162	144	127	318	296	120
17.	139	110	351	323	147	124	313	294	277	108	86	270
18.	289	260	141	113	298	274	103	85	67	258	236	60
19.	79	50	291	263	88	64	253	235	218	49	26	210
20.	229	200	81	53	238	215	44	26	8	199	176	360
21.	19	350	231	204	28	5	194	176	159	349	326	150
22.	169	140	21	354	178	155	344	326	309	139	117	300
23.	319	290	171	144	328	305	135	117	99	290	267	90
24.	109	80	321	294	119	96	285	267	250	80	57	240
25.	259	230	111	84	269	246	76	58	40	230	207	30
26.	49	20	261	234	59	36	226	208	191	21	357	180
27.	199	170	51	24	209	187	16	358	341	171	147	330
28.	349	320	201	174	359	337	167	149	131	321	297	120
29.	139		351	325	150	127	317	299	282	111	88	270
30.	289		141	115	300	277	107	90	72	262	238	60
31.	79		292		90		258	240		52		211

A centrálmeridián hosszúságváltozása (fok)

óra	0	10	20	30	40	50
			perc			
0	0.0	6.0	12.1	18.1	24.2	30.2
1	36.3	42.3	48.4	54.4	60.5	66.5
2	72.5	78.5	84.6	90.6	96.7	102.7
3	108.8	114.8	120.9	126.9	133.0	139.0
4	145.1	151.1	157.2	163.2	169.3	175.3
5	181.3	187.3	193.4	199.4	205.5	211.5
6	217.6	223.6	229.7	235.7	241.8	247.8
7	253.8	259.8	265.9	271.9	278.0	284.0
8	290.1	296.1	302.2	308.2	314.3	320.3
9	326.4	332.4	338.5	343.5	349.6	355.6

Szaturnusz

dátum	kel, delel, nyugszik h m h m h m KÖZEI*			RA h m	D ° '	Δ AU	m	\varnothing "	b "	E °
				0 ^h UT-kor						
1.01.	11 38	17 54	0 14	0 54.5	+3 07	9.257	0.6	18.0	-7.7	K 93
1.11.	10 59	17 16	23 33	0 55.8	+3 18	9.423	0.7	17.6	-7.7	K 84
1.21.	10 21	16 39	22 57	0 57.8	+3 33	9.585	0.7	17.3	-7.8	K 74
1.31.	9 43	16 02	22 21	1 00.3	+3 51	9.740	0.7	17.1	-7.9	K 64
2.10.	9 05	15 26	21 47	1 03.3	+4 12	9.884	0.7	16.8	-8.1	K 55
2.20.	8 27	14 50	21 13	1 06.8	+4 35	10.012	0.6	16.6	-8.4	K 46
3.02.	7 50	14 14	20 39	1 10.7	+5 01	10.122	0.6	16.4	-8.6	K 37
3.12.	7 13	13 39	20 06	1 14.8	+5 28	10.211	0.6	16.3	-8.9	K 28
3.22.	6 36	13 04	19 33	1 19.3	+5 55	10.278	0.5	16.2	-9.2	K 19
4.01.	5*59	12*30	19*00	1 23.9	+6 24	10.321	0.5	16.1	-9.6	K 11
4.11.	5*22	11*55	18*28	1 28.6	+6 52	10.340	0.4	16.1	-9.9	K 3
4.21.	4*46	11*20	17*55	1 33.3	+7 20	10.334	0.4	16.1	-10.3	Ny 7
5.01.	4*09	10*46	17*23	1 38.0	+7 47	10.303	0.4	16.1	-10.7	Ny 15
5.11.	3*32	10*11	16*50	1 42.7	+8 13	10.249	0.4	16.2	-11.1	Ny 23
5.21.	2*56	9*36	16*17	1 47.1	+8 37	10.172	0.4	16.3	-11.5	Ny 32
5.31.	2*19	9*01	15*43	1 51.3	+8 59	10.075	0.4	16.5	-11.9	Ny 40
6.10.	1*42	8*26	15*09	1 55.2	+9 19	9.959	0.4	16.7	-12.3	Ny 49
6.20.	1*05	7*50	14*35	1 58.8	+9 37	9.826	0.3	16.9	-12.7	Ny 58
6.30.	0*27	7*14	14*00	2 01.9	+9 51	9.681	0.3	17.2	-13.1	Ny 66
7.10.	23*46	6*37	13*24	2 04.5	+10 03	9.524	0.3	17.4	-13.4	Ny 75
7.20.	23*08	6*00	12*47	2 06.6	+10 12	9.362	0.2	17.8	-13.8	Ny 84
7.30.	22*30	5*22	12*10	2 08.1	+10 17	9.196	0.2	18.1	-14.2	Ny 93
8.09.	21*51	4*43	11*31	2 08.9	+10 18	9.033	0.2	18.4	-14.4	Ny 103
8.19.	21*12	4*04	10*52	2 09.1	+10 17	8.875	0.1	18.7	-14.6	Ny 112
8.29.	20*33	3*24	10*12	2 08.6	+10 11	8.728	0.1	19.0	-14.8	Ny 122
9.08.	19*53	2*44	9*31	2 07.5	+10 03	8.595	0.0	19.3	-14.9	Ny 132
9.18.	19*13	2*03	8*49	2 05.8	+9 51	8.483	-0.1	19.6	-15.0	Ny 142
9.28.	18*32	1*21	8*06	2 03.5	+9 38	8.394	-0.1	19.8	-14.9	Ny 152
10.08.	17*51	0*39	7*23	2 00.9	+9 22	8.332	-0.2	19.9	-14.7	Ny 163
10.18.	17*10	23*53	6*40	1 57.9	+9 06	8.298	-0.2	20.0	-14.6	Ny 173
10.28.	16 29	23 10	5 56	1 54.9	+8 49	8.296	-0.2	20.0	-14.3	K 175
11.07.	15 48	22 28	5 12	1 51.9	+8 34	8.325	-0.1	20.0	-14.0	K 164
11.17.	15 07	21 46	4 29	1 49.2	+8 20	8.384	0.0	19.8	-13.7	K 154
11.27.	14 26	21 05	3 47	1 46.8	+8 08	8.470	0.0	19.6	-13.4	K 143
12.07.	13 46	20 23	3 05	1 45.0	+8 00	8.582	0.1	19.4	-13.1	K 133
12.17.	13 06	19 43	2 24	1 43.7	+7 56	8.714	0.2	19.1	-12.8	K 122
12.27.	12 26	19 03	1 44	1 43.1	+7 55	8.862	0.2	18.8	-12.6	K 112

* A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

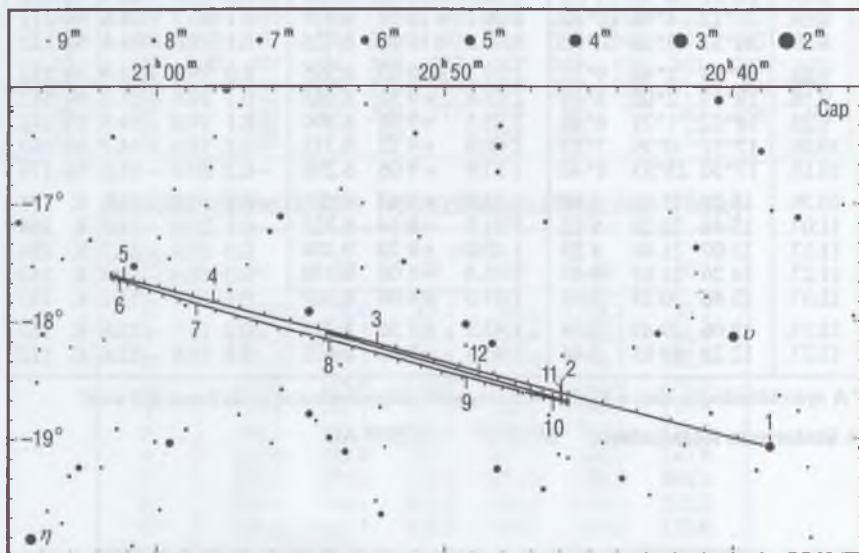
A Szaturnusz földközelen: 10.23.17^h 8.2934 AU

Uránusz

dátum	kel, delel, nyugszik h m h m h m			RA h m	D ° '	Δ AU	m	ϕ "	E °
	KÖZEI*			0 ^h UT-kor					
1.01.	9 05	13 39	18 13	20 38.7	-19 04	20.717	5.9	3.4	K 27
1.21.	7 49	12 25	17 01	20 43.3	-18 47	20.822	5.9	3.4	K 8
2.10.	6 33	11 11	15 49	20 48.1	-18 29	20.814	5.9	3.4	Ny 12
3.02.	5 18	9 57	14 36	20 52.6	-18 11	20.697	5.9	3.4	Ny 31
3.22.	4 02	8 42	13 22	20 56.4	-17 56	20.484	5.9	3.4	Ny 50
4.11.	2*45	7*26	12*08	20 59.4	-17 44	20.198	5.8	3.5	Ny 69
5.01.	1*28	6*09	10*51	21 01.1	-17 38	19.871	5.8	3.5	Ny 88
5.21.	0*09	4*51	9*33	21 01.6	-17 37	19.541	5.8	3.6	Ny 107
6.10.	22*46	3*32	8*13	21 00.7	-17 41	19.244	5.7	3.7	Ny 126
6.30.	21*26	2*11	6*52	20 58.7	-17 50	19.014	5.7	3.7	Ny 146
7.20.	20*06	0*50	5*29	20 55.9	-18 02	18.881	5.7	3.7	Ny 166
8.09.	18*45	23*24	4*06	20 52.7	-18 15	18.861	5.7	3.7	K 174
8.29.	17*25	22*02	2*44	20 49.7	-18 27	18.957	5.7	3.7	K 154
9.18.	16*04	20*41	1*22	20 47.3	-18 36	19.160	5.7	3.7	K 134
10.08.	14*45	19*21	0*02	20 45.9	-18 41	19.444	5.8	3.6	K 114
10.28.	13 26	18 03	22 39	20 45.8	-18 41	19.777	5.8	3.6	K 94
11.17.	12 08	16 45	21 22	20 47.1	-18 35	20.119	5.8	3.5	K 75
12.07.	10 51	15 29	20 07	20 49.7	-18 24	20.430	5.9	3.4	K 55
12.27.	9 35	14 14	18 53	20 53.3	-18 10	20.676	5.9	3.4	K 36

* A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

Az Uránusz földközeli: 8.02.10^h 18.8546 AU

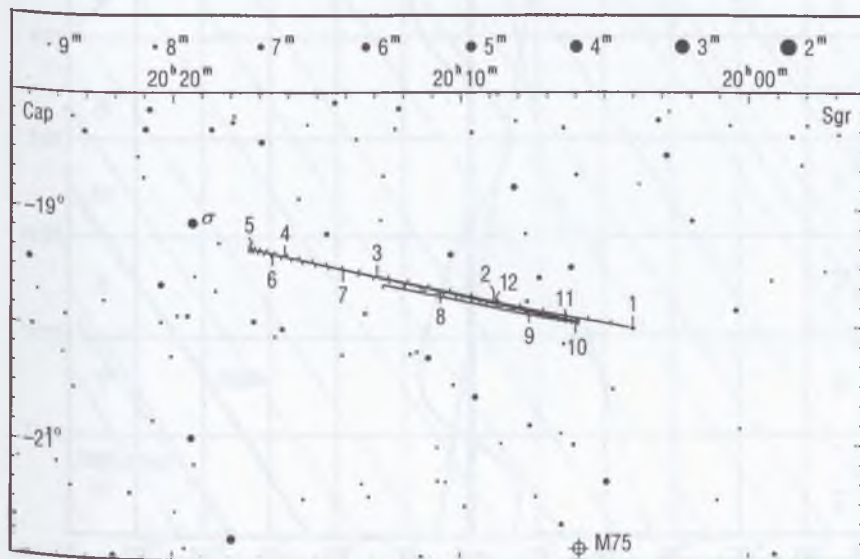


Neptunusz

dátum	kel, delel, nyugszik h m h m h m	RA h m	D ° '	Δ AU	m	ϕ "	E °
KÖZEI*		0 ^h UT-kor					
1.01.	8 35 13 04 17 34	20 04.0	-20 01	31.076	8.0	2.2	K 19
1.21.	7 19 11 49 16 19	20 07.1	-19 52	31.128	8.0	2.2	Ny 1
2.10.	6 02 10 33 15 04	20 10.2	-19 42	31.066	8.0	2.2	Ny 21
3.02.	4 46 9 17 13 49	20 13.0	-19 34	30.895	8.0	2.2	Ny 40
3.22.	3 28 8 01 12 33	20 15.3	-19 27	30.636	8.0	2.2	Ny 60
4.11.	2*11 6*44 11*17	20 16.7	-19 22	30.319	7.9	2.3	Ny 79
5.01.	0*53 5*26 9*59	20 17.4	-19 20	29.980	7.9	2.3	Ny 98
5.21.	23*30 4*07 8*40	20 17.1	-19 21	29.657	7.9	2.3	Ny 118
6.10.	22*10 2*47 7*20	20 16.0	-19 24	29.388	7.9	2.3	Ny 137
6.30.	20*51 1*27 5*59	20 14.2	-19 30	29.203	7.9	2.3	Ny 157
7.20.	19*30 0*06 4*37	20 12.0	-19 37	29.125	7.8	2.3	Ny 176
8.09.	18*10 22*41 3*16	20 09.8	-19 44	29.162	7.8	2.3	K 164
8.29.	16*50 21*20 1*55	20 07.9	-19 51	29.311	7.9	2.3	K 144
9.18.	15*31 20*00 0*34	20 06.5	-19 55	29.554	7.9	2.3	K 125
10.08.	14*12 18*41 23*11	20 05.9	-19 57	29.864	7.9	2.3	K 105
10.28.	12 53 17 23 21 53	20 06.2	-19 57	30.204	7.9	2.3	K 85
11.17.	11 35 16 06 20 36	20 07.4	-19 54	30.534	7.9	2.2	K 65
12.07.	10 18 14 49 19 20	20 09.4	-19 48	30.815	8.0	2.2	K 46
12.27.	9 02 13 33 18 04	20 12.1	-19 40	31.015	8.0	2.2	K 26

* A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

A Neptunusz földközelen: 7.23.16^h 29.1227 AU



Plútó

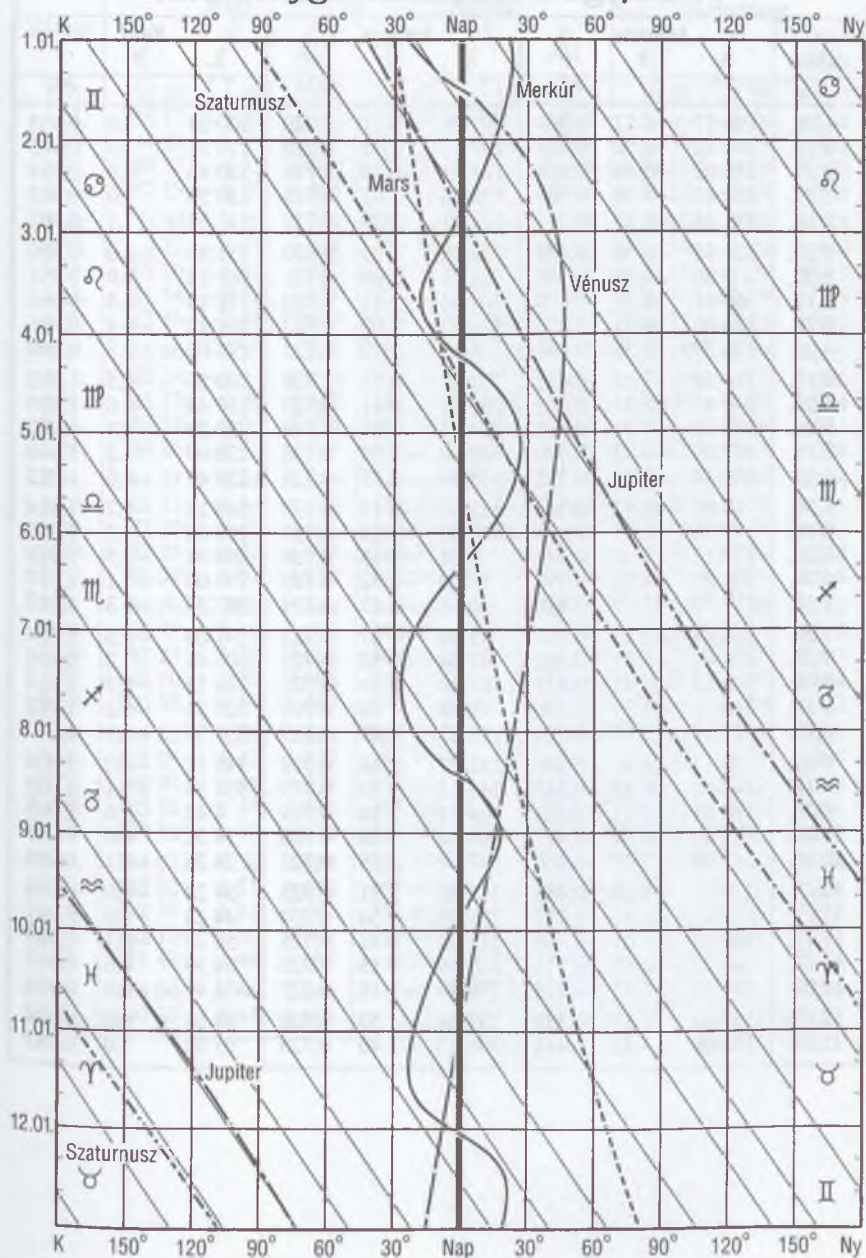
dátum	kel, delel, nyugszik h m h m h m	KÖZEI*	RA h m s	D ° ' "	Δ AU	m	ϕ "	E °
					0 ^h UT-kor			
1.01.	4 09 9 29 14 48		16 27 54	− 9 42 33	30.826	13.8	0.1	Ny 35
1.21.	2 53 8 12 13 32		16 30 21	− 9 44 23	30.598	13.8	0.1	Ny 54
2.10.	1 36 6 56 12 15		16 32 06	− 9 42 49	30.303	13.8	0.1	Ny 74
3.02.	0 18 5 38 10 58		16 33 02	− 9 38 22	29.974	13.8	0.1	Ny 93
3.22.	22 55 4 19 9 40		16 33 04	− 9 31 53	29.652	13.7	0.1	Ny 113
4.11.	21*35 3*00 8*21		16 32 13	− 9 24 29	29.375	13.7	0.1	Ny 132
5.01.	20*14 1*40 7*01		16 30 41	− 9 17 24	29.177	13.7	0.1	Ny 151
5.21.	18*53 0*19 5*41		16 28 41	− 9 11 51	29.082	13.7	0.1	Ny 166
6.10.	17*32 22*54 4*20		16 26 32	− 9 08 50	29.099	13.7	0.1	K 162
6.30.	16*12 21*34 3*00		16 24 34	− 9 09 01	29.227	13.7	0.1	K 146
7.20.	14*52 20*14 1*39		16 23 04	− 9 12 41	29.451	13.7	0.1	K 127
8.09.	13*33 18*54 0*19		16 22 15	− 9 19 41	29.744	13.8	0.1	K 109
8.29.	12*15 17*35 22*56		16 22 16	− 9 29 30	30.074	13.8	0.1	K 90
9.18.	10*58 16*18 21*37		16 23 09	− 9 41 16	30.404	13.8	0.1	K 71
10.08.	9*42 15*01 20*20		16 24 51	− 9 53 57	30.698	13.8	0.1	K 52
10.28.	8 27 13 45 19 02		16 27 13	− 10 06 27	30.922	13.8	0.1	K 34
11.17.	7 12 12 29 17 46		16 30 03	− 10 17 39	31.053	13.9	0.1	K 17
12.07.	5 57 11 13 16 29		16 33 06	− 10 26 39	31.074	13.9	0.1	Ny 13
12.27.	4 42 9 57 15 13		16 36 05	− 10 32 45	30.982	13.8	0.1	Ny 28

*A nyári időszámítás alatt a KÖZEI-ben megadott időpontokhoz egy órát hozzá kell adni!

A Plútó földközeli: 5.27.22^h 29.0749 AU



A bolygók kitérése a Naptól



A bolygók ekliptikai koordinátái

dátum	Merkúr			Vénusz			Föld		
	λ ° '	β ° '	r AU	λ ° '	β ° '	r AU	λ ° '	β "	r AU
1.01.	166 17	6 12	0.369	91 06	0 51	0.720	100 24	1.0	0.983
1.11.	204 32	2 50	0.423	107 17	1 44	0.719	110 35	1.7	0.983
1.21.	235 02	-0 49	0.458	123 31	2 29	0.718	120 46	0.6	0.984
1.31.	262 43	-3 58	0.466	139 46	3 02	0.718	130 56	1.0	0.985
2.10.	291 16	-6 15	0.447	156 01	3 20	0.719	141 04	1.1	0.987
2.20.	324 32	-6 58	0.403	172 15	3 23	0.720	151 10	-0.0	0.989
3.02.	7 39	-4 35	0.346	188 26	3 09	0.721	161 14	0.9	0.991
3.12.	64 41	1 59	0.309	204 34	2 41	0.722	171 14	0.3	0.994
3.22.	126 06	6 51	0.326	220 37	2 00	0.723	181 12	-0.4	0.996
4.01.	174 59	5 38	0.381	236 36	1 10	0.725	191 06	0.5	0.999
4.11.	211 10	2 05	0.432	252 31	0 15	0.726	200 56	-0.5	1.002
4.21.	240 45	-1 31	0.462	268 22	-0 41	0.727	210 44	-0.6	1.005
5.01.	268 20	-4 31	0.464	284 12	-1 34	0.728	220 28	-0.1	1.007
5.11.	297 30	-6 33	0.440	300 00	-2 20	0.728	230 09	-1.2	1.010
5.21.	332 18	-6 48	0.392	315 49	-2 55	0.728	239 47	-0.6	1.012
5.31.	18 07	-3 32	0.336	331 39	-3 17	0.728	249 24	-0.7	1.014
6.10.	77 28	3 25	0.308	347 30	-3 24	0.727	258 58	-1.5	1.015
6.20.	137 17	7 00	0.336	3 24	-3 15	0.726	268 31	-0.5	1.016
6.30.	183 09	4 59	0.392	19 20	-2 52	0.725	278 03	-1.1	1.017
7.10.	217 32	1 19	0.440	35 18	-2 15	0.724	287 35	-1.3	1.017
7.20.	246 24	-2 11	0.465	51 20	-1 27	0.722	297 08	-0.3	1.016
7.30.	274 01	-5 01	0.462	67 24	-0 33	0.721	306 41	-1.2	1.015
8.09.	303 58	-6 47	0.432	83 30	0 24	0.720	316 15	-0.7	1.014
8.19.	340 31	-6 29	0.380	99 40	1 20	0.719	325 51	-0.2	1.012
8.29.	29 12	-2 18	0.326	115 53	2 09	0.719	335 30	-1.1	1.010
9.08.	90 17	4 42	0.309	132 07	2 48	0.718	345 11	-0.0	1.008
9.18.	147 50	6 55	0.347	148 23	3 13	0.719	354 55	-0.1	1.005
9.28.	190 51	4 17	0.403	164 37	3 24	0.719	4 42	-0.6	1.002
10.08.	223 40	0 34	0.447	180 50	3 18	0.720	14 32	0.6	0.999
10.18.	251 59	-2 49	0.466	197 00	2 56	0.721	24 26	-0.1	0.996
10.28.	279 47	-5 29	0.458	213 05	2 21	0.723	34 23	-0.0	0.994
11.07.	310 41	-6 57	0.423	229 06	1 34	0.724	44 24	0.9	0.991
11.17.	349 15	-6 01	0.369	245 02	0 41	0.725	54 27	-0.1	0.989
11.27.	40 52	-0 55	0.318	260 55	-0 15	0.726	64 33	0.6	0.987
12.07.	102 55	5 43	0.313	276 46	-1 10	0.727	74 41	0.8	0.985
12.17.	157 43	6 37	0.358	292 34	-1 59	0.728	84 51	0.0	0.984
12.27.	198 08	3 32	0.414	308 23	-2 40	0.728	95 02	1.0	0.983

dátum	Mars			Jupiter			Szaturnusz		
	λ °	β °	r AU	λ °	β °	r AU	λ °	β °	r AU
1.01.	331 56	-1 48	1.382	329 48	-0 59	5.021	19 48	-2 29	9.367
1.11.	338 17	-1 45	1.381	330 41	-1 00	5.018	20 09	-2 29	9.364
1.21.	344 38	-1 41	1.383	331 35	-1 01	5.016	20 30	-2 29	9.361
1.31.	350 57	-1 35	1.385	332 29	-1 02	5.013	20 51	-2 29	9.358
2.10.	357 15	-1 28	1.389	333 22	-1 02	5.011	21 12	-2 29	9.356
2.20.	3 30	-1 20	1.395	334 16	-1 03	5.008	21 33	-2 29	9.353
3.02.	9 42	-1 11	1.401	335 10	-1 04	5.006	21 54	-2 29	9.350
3.12.	15 50	-1 02	1.409	336 04	-1 05	5.004	22 15	-2 29	9.347
3.22.	21 54	-0 52	1.418	336 57	-1 05	5.001	22 36	-2 29	9.345
4.01.	27 53	-0 41	1.428	337 51	-1 06	4.999	22 57	-2 29	9.342
4.11.	33 46	-0 30	1.439	338 45	-1 07	4.997	23 18	-2 29	9.339
4.21.	39 34	-0 19	1.450	339 39	-1 07	4.995	23 39	-2 29	9.336
5.01.	45 17	-0 08	1.462	340 33	-1 08	4.992	24 00	-2 29	9.334
5.11.	50 54	0 03	1.474	341 28	-1 08	4.990	24 21	-2 29	9.331
5.21.	56 25	0 13	1.487	342 22	-1 09	4.988	24 42	-2 29	9.328
5.31.	61 51	0 24	1.500	343 16	-1 10	4.986	25 03	-2 29	9.326
6.10.	67 11	0 34	1.513	344 10	-1 10	4.984	25 24	-2 29	9.323
6.20.	72 25	0 43	1.526	345 04	-1 11	4.983	25 45	-2 29	9.320
6.30.	77 35	0 52	1.539	345 59	-1 11	4.981	26 06	-2 29	9.318
7.10.	82 39	1 01	1.552	346 53	-1 12	4.979	26 27	-2 29	9.315
7.20.	87 38	1 08	1.564	347 48	-1 12	4.977	26 48	-2 29	9.312
7.30.	92 33	1 16	1.576	348 42	-1 13	4.975	27 09	-2 29	9.310
8.09.	97 23	1 22	1.588	349 36	-1 13	4.974	27 30	-2 29	9.307
8.19.	102 10	1 28	1.598	350 31	-1 14	4.972	27 51	-2 29	9.304
8.29.	106 52	1 33	1.609	351 25	-1 14	4.971	28 12	-2 29	9.302
9.08.	111 32	1 38	1.618	352 20	-1 14	4.969	28 34	-2 29	9.299
9.18.	116 08	1 42	1.627	353 15	-1 15	4.968	28 55	-2 28	9.297
9.28.	120 41	1 45	1.635	354 09	-1 15	4.966	29 16	-2 28	9.294
10.08.	125 12	1 48	1.642	355 04	-1 15	4.965	29 37	-2 28	9.291
10.18.	129 41	1 49	1.648	355 59	-1 16	4.964	29 58	-2 28	9.289
10.28.	134 07	1 50	1.654	356 53	-1 16	4.963	30 20	-2 28	9.286
11.07.	138 32	1 51	1.658	357 48	-1 16	4.962	30 41	-2 28	9.284
11.17.	142 56	1 51	1.661	358 43	-1 17	4.960	31 02	-2 28	9.281
11.27.	147 19	1 50	1.664	359 38	-1 17	4.959	31 23	-2 28	9.278
12.07.	151 42	1 49	1.665	0 33	-1 17	4.958	31 44	-2 28	9.276
12.17.	156 04	1 46	1.666	1 27	-1 17	4.957	32 06	-2 27	9.273
12.27.	160 26	1 44	1.665	2 22	-1 18	4.957	32 27	-2 27	9.271

dátum	Uránusz			Neptunusz			Plútó		
	λ °	β °	r AU	λ °	β °	r AU	λ °	β °	r AU
1.01.	308 26	-0 38	19.844	299 34	0 22	30.145	245 44	12 13	30.030
1.11.	308 33	-0 38	19.845	299 38	0 22	30.145	245 48	12 12	30.032
1.21.	308 39	-0 38	19.846	299 42	0 22	30.145	245 52	12 11	30.034
1.31.	308 46	-0 38	19.848	299 45	0 22	30.144	245 56	12 10	30.037
2.10.	308 52	-0 38	19.849	299 49	0 22	30.144	246 00	12 10	30.039
2.20.	308 59	-0 38	19.850	299 52	0 22	30.144	246 04	12 09	30.042
3.02.	309 06	-0 38	19.851	299 56	0 22	30.143	246 08	12 08	30.044
3.12.	309 12	-0 38	19.852	300 00	0 22	30.143	246 12	12 07	30.046
3.22.	309 19	-0 38	19.854	300 03	0 22	30.143	246 16	12 06	30.049
4.01.	309 25	-0 38	19.855	300 07	0 21	30.142	246 20	12 05	30.051
4.11.	309 32	-0 38	19.856	300 10	0 21	30.142	246 24	12 04	30.054
4.21.	309 38	-0 38	19.857	300 14	0 21	30.142	246 28	12 04	30.056
5.01.	309 45	-0 38	19.858	300 17	0 21	30.141	246 32	12 03	30.059
5.11.	309 52	-0 38	19.860	300 21	0 21	30.141	246 36	12 02	30.061
5.21.	309 58	-0 38	19.861	300 25	0 21	30.141	246 40	12 01	30.064
5.31.	310 05	-0 38	19.862	300 28	0 21	30.140	246 44	12 00	30.066
6.10.	310 11	-0 39	19.863	300 32	0 21	30.140	246 48	11 59	30.069
6.20.	310 18	-0 39	19.864	300 35	0 21	30.140	246 52	11 59	30.071
6.30.	310 25	-0 39	19.865	300 39	0 21	30.139	246 56	11 58	30.074
7.10.	310 31	-0 39	19.867	300 42	0 20	30.139	247 00	11 57	30.076
7.20.	310 38	-0 39	19.868	300 46	0 20	30.139	247 04	11 56	30.079
7.30.	310 44	-0 39	19.869	300 50	0 20	30.138	247 08	11 55	30.081
8.09.	310 51	-0 39	19.870	300 53	0 20	30.138	247 12	11 54	30.084
8.19.	310 57	-0 39	19.871	300 57	0 20	30.138	247 16	11 53	30.086
8.29.	311 04	-0 39	19.872	301 00	0 20	30.137	247 20	11 53	30.089
9.08.	311 11	-0 39	19.873	301 04	0 20	30.137	247 24	11 52	30.091
9.18.	311 17	-0 39	19.875	301 07	0 20	30.137	247 28	11 51	30.094
9.28.	311 24	-0 39	19.876	301 11	0 20	30.136	247 32	11 50	30.096
10.08.	311 30	-0 39	19.877	301 15	0 19	30.136	247 36	11 49	30.099
10.18.	311 37	-0 39	19.878	301 18	0 19	30.136	247 40	11 48	30.102
10.28.	311 43	-0 39	19.879	301 22	0 19	30.135	247 43	11 47	30.104
11.07.	311 50	-0 39	19.880	301 25	0 19	30.135	247 47	11 47	30.107
11.17.	311 56	-0 39	19.881	301 29	0 19	30.135	247 51	11 46	30.109
11.27.	312 03	-0 39	19.882	301 33	0 19	30.134	247 55	11 45	30.112
12.07.	312 10	-0 39	19.883	301 36	0 19	30.134	247 59	11 44	30.115
12.17.	312 16	-0 39	19.885	301 40	0 19	30.134	248 03	11 43	30.117
12.27.	312 23	-0 39	19.886	301 43	0 19	30.133	248 07	11 42	30.120

$JD = 2\,450\,000 + \dots$

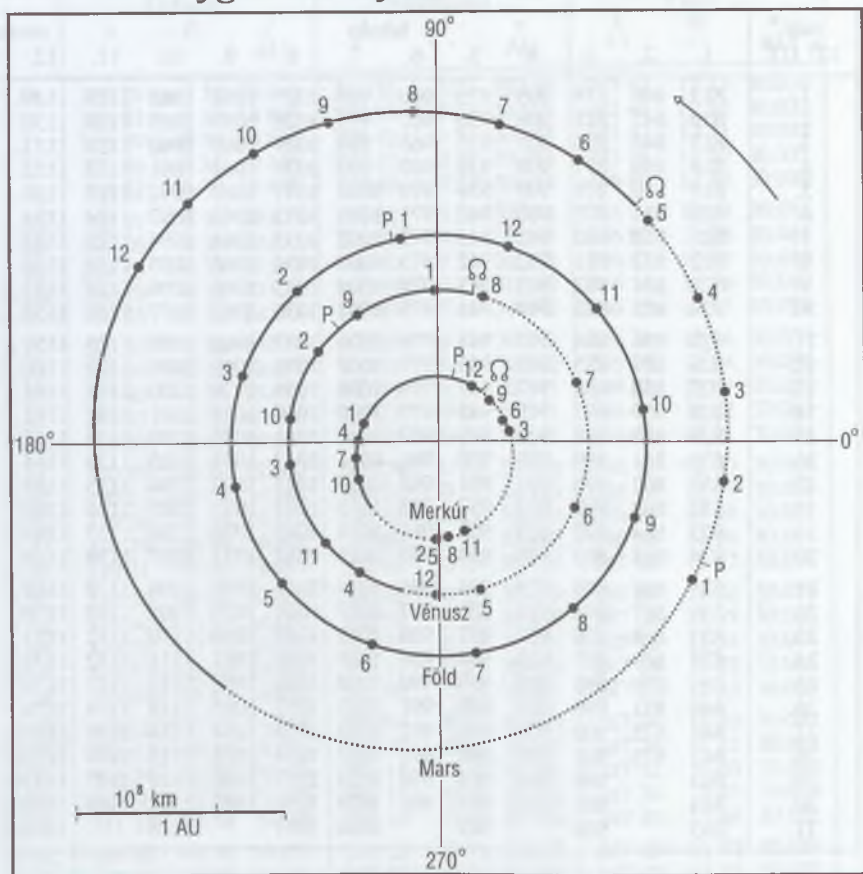
Julián-dátum

nap 12 ^h UT	hónap											
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
1.	815	846	874	905	935	966	996	1027	1058	1088	1119	1149
2.	816	847	875	906	936	967	997	1028	1059	1089	1120	1150
3.	817	848	876	907	937	968	998	1029	1060	1090	1121	1151
4.	818	849	877	908	938	969	999	1030	1061	1091	1122	1152
5.	819	850	878	909	939	970	1000	1031	1062	1092	1123	1153
6.	820	851	879	910	940	971	1001	1032	1063	1093	1124	1154
7.	821	852	880	911	941	972	1002	1033	1064	1094	1125	1155
8.	822	853	881	912	942	973	1003	1034	1065	1095	1126	1156
9.	823	854	882	913	943	974	1004	1035	1066	1096	1127	1157
10.	824	855	883	914	944	975	1005	1036	1067	1097	1128	1158
11.	825	856	884	915	945	976	1006	1037	1068	1098	1129	1159
12.	826	857	885	916	946	977	1007	1038	1069	1099	1130	1160
13.	827	858	886	917	947	978	1008	1039	1070	1100	1131	1161
14.	828	859	887	918	948	979	1009	1040	1071	1101	1132	1162
15.	829	860	888	919	949	980	1010	1041	1072	1102	1133	1163
16.	830	861	889	920	950	981	1011	1042	1073	1103	1134	1164
17.	831	862	890	921	951	982	1012	1043	1074	1104	1135	1165
18.	832	863	891	922	952	983	1013	1044	1075	1105	1136	1166
19.	833	864	892	923	953	984	1014	1045	1076	1106	1137	1167
20.	834	865	893	924	954	985	1015	1046	1077	1107	1138	1168
21.	835	866	894	925	955	986	1016	1047	1078	1108	1139	1169
22.	836	867	895	926	956	987	1017	1048	1079	1109	1140	1170
23.	837	868	896	927	957	988	1018	1049	1080	1110	1141	1171
24.	838	869	897	928	958	989	1019	1050	1081	1111	1142	1172
25.	839	870	898	929	959	990	1020	1051	1082	1112	1143	1173
26.	840	871	899	930	960	991	1021	1052	1083	1113	1144	1174
27.	841	872	900	931	961	992	1022	1053	1084	1114	1145	1175
28.	842	873	901	932	962	993	1023	1054	1085	1115	1146	1176
29.	843		902	933	963	994	1024	1055	1086	1116	1147	1177
30.	844		903	934	964	995	1025	1056	1087	1117	1148	1178
31.	845		904		965		1026	1057		1118		1179

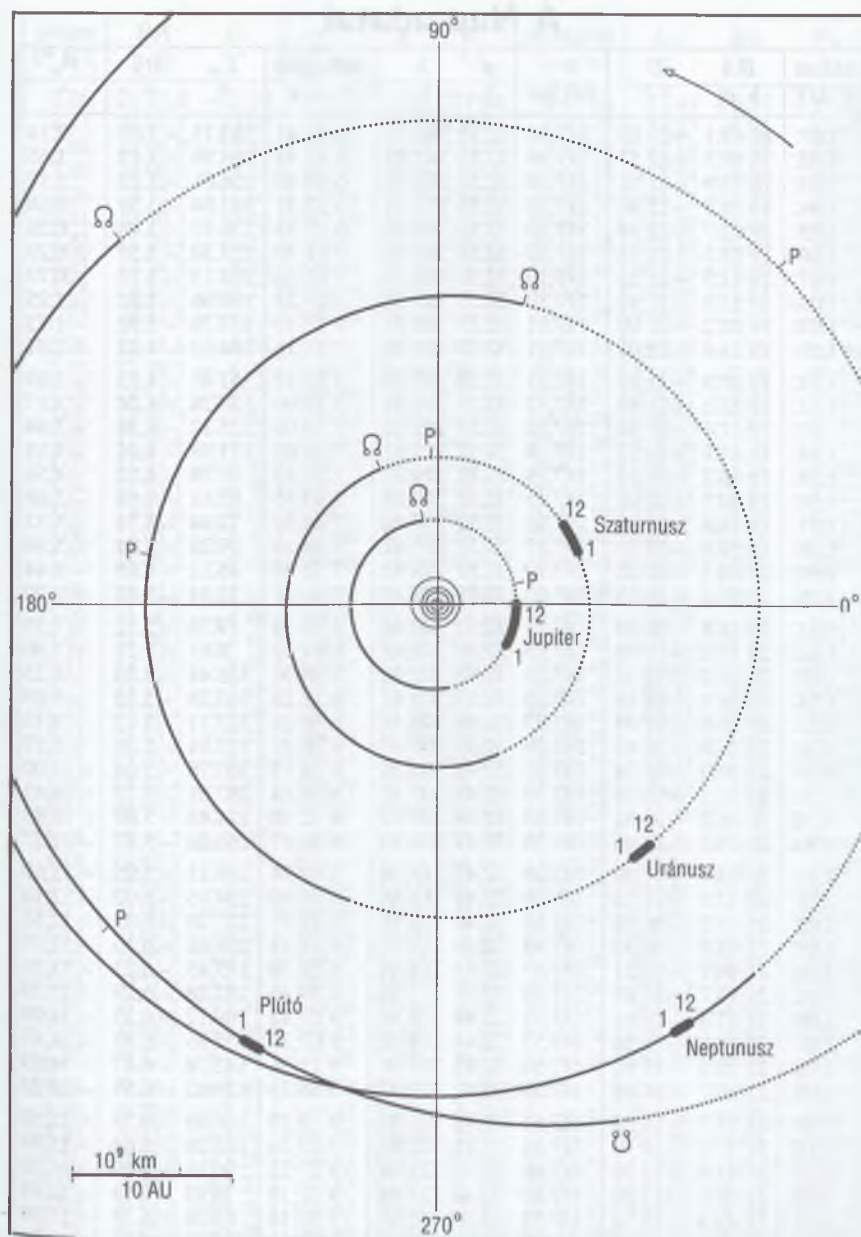
Julián-dátum tizednap

tizednap	h m		UT h m	KÖZEI h m	NYISZ h m
0.0	0	00	12 00	13 00	14 00
0.1	2	24	14 24	15 24	16 24
0.2	4	48	16 48	17 48	18 48
0.3	7	12	19 12	20 12	21 12
0.4	9	36	21 36	22 36	23 36
0.5	12	00	0 00	1 00	2 00
0.6	14	24	2 24	3 24	4 24
0.7	16	48	4 48	5 48	6 48
0.8	19	12	7 12	8 12	9 12
0.9	21	36	9 36	10 36	11 36

A bolygók elhelyezkedése a Nap körül



Az ábrák a bolygók Nap körüli mozgását mutatják az adott évben. A bolygópályáknak a földpálya síkjától északra lévő szakaszát folyamatos, a földpálya síkjától délre lévő szakaszát szaggatott vonal ábrázolja. *P* a pálya napközelpontja, *Ω* pedig a felszálló csomó (ahol a bolygó a Nap körüli keringése során — délről északra — áthalad a földpálya síkján). A Plútó esetében a leszálló csomó (*Ω*) helyét tüntettük fel. Az 1–12 számok jelzik a bolygók helyzetét a megfelelő sorszámu hónap első napján.



A Nap adatai

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r 10 ⁶ km	ø '	λ ° '	csillagidő h m s	L _N °	B _N °	P _N °
1.01.	18 45.1	-23 02	147.10	32.53	280 21	6 41 47	283.15	-3.01	2.14
1.02.	18 49.5	-22 57	147.10	32.53	281 23	6 45 43	269.98	-3.13	1.65
1.03.	18 53.9	-22 52	147.10	32.53	282 24	6 49 40	256.81	-3.25	1.17
1.04.	18 58.3	-22 46	147.10	32.53	283 25	6 53 37	243.64	-3.36	0.68
1.05.	19 02.7	-22 39	147.10	32.53	284 26	6 57 33	230.47	-3.48	0.20
1.06.	19 07.1	-22 33	147.10	32.53	285 27	7 01 30	217.30	-3.59	-0.29
1.07.	19 11.5	-22 25	147.10	32.53	286 28	7 05 26	204.13	-3.70	-0.77
1.08.	19 15.8	-22 18	147.10	32.53	287 30	7 09 23	190.96	-3.81	-1.25
1.09.	19 20.2	-22 09	147.11	32.53	288 31	7 13 19	177.79	-3.92	-1.73
1.10.	19 24.5	-22 01	147.11	32.53	289 32	7 17 16	164.62	-4.03	-2.21
1.11.	19 28.9	-21 52	147.11	32.53	290 33	7 21 12	151.45	-4.13	-2.69
1.12.	19 33.2	-21 43	147.12	32.53	291 34	7 25 09	138.28	-4.24	-3.17
1.13.	19 37.6	-21 33	147.13	32.53	292 35	7 29 06	125.12	-4.34	-3.64
1.14.	19 41.9	-21 22	147.14	32.52	293 36	7 33 02	111.95	-4.44	-4.11
1.15.	19 46.2	-21 12	147.14	32.52	294 37	7 36 59	98.78	-4.55	-4.58
1.16.	19 50.5	-21 01	147.15	32.52	295 38	7 40 55	85.61	-4.64	-5.05
1.17.	19 54.8	-20 49	147.16	32.52	296 40	7 44 52	72.44	-4.74	-5.52
1.18.	19 59.0	-20 37	147.17	32.51	297 41	7 48 48	59.28	-4.84	-5.98
1.19.	20 03.3	-20 25	147.19	32.51	298 42	7 52 45	46.11	-4.93	-6.44
1.20.	20 07.5	-20 13	147.20	32.51	299 43	7 56 41	32.94	-5.03	-6.90
1.21.	20 11.8	-20 00	147.21	32.51	300 44	8 00 38	19.78	-5.12	-7.35
1.22.	20 15.0	-19 46	147.23	32.50	301 45	8 04 35	6.61	-5.21	-7.80
1.23.	20 20.2	-19 32	147.24	32.50	302 46	8 08 31	353.44	-5.30	-8.25
1.24.	20 24.4	-19 18	147.26	32.50	303 47	8 12 28	340.28	-5.39	-8.69
1.25.	20 28.6	-19 04	147.27	32.49	304 48	8 16 24	327.11	-5.47	-9.13
1.26.	20 32.8	-18 49	147.29	32.49	305 49	8 20 21	313.94	-5.56	-9.57
1.27.	20 36.9	-18 34	147.31	32.49	306 50	8 24 17	300.78	-5.64	-10.00
1.28.	20 41.1	-18 18	147.33	32.48	307 51	8 28 14	287.61	-5.72	-10.43
1.29.	20 45.2	-18 02	147.35	32.48	308 52	8 32 10	274.45	-5.80	-10.85
1.30.	20 49.3	-17 46	147.36	32.47	309 53	8 36 07	261.28	-5.87	-11.27
1.31.	20 53.4	-17 30	147.38	32.47	310 54	8 40 04	248.11	-5.95	-11.69
2.01.	20 57.5	-17 13	147.40	32.46	311 55	8 44 00	234.95	-6.02	-12.10
2.02.	21 01.6	-16 56	147.42	32.46	312 56	8 47 57	221.78	-6.09	-12.51
2.03.	21 05.6	-16 38	147.44	32.46	313 57	8 51 53	208.62	-6.16	-12.91
2.04.	21 09.7	-16 21	147.47	32.45	314 58	8 55 50	195.45	-6.23	-13.31
2.05.	21 13.7	-16 03	147.49	32.45	315 58	8 59 46	182.28	-6.29	-13.70
2.06.	21 17.8	-15 45	147.51	32.44	316 59	9 03 43	169.12	-6.35	-14.09
2.07.	21 21.8	-15 26	147.53	32.44	318 00	9 07 39	155.95	-6.41	-14.47
2.08.	21 25.8	-15 07	147.56	32.43	319 01	9 11 36	142.78	-6.47	-14.85
2.09.	21 29.7	-14 48	147.58	32.42	320 02	9 15 33	129.62	-6.53	-15.22
2.10.	21 33.7	-14 29	147.61	32.42	321 02	9 19 29	116.45	-6.59	-15.59
2.11.	21 37.7	-14 10	147.64	32.41	322 03	9 23 26	103.28	-6.64	-15.95
2.12.	21 41.6	-13 50	147.66	32.41	323 04	9 27 22	90.11	-6.69	-16.30
2.13.	21 45.5	-13 30	147.69	32.40	324 04	9 31 19	76.95	-6.74	-16.65
2.14.	21 49.4	-13 10	147.72	32.39	325 05	9 35 15	63.78	-6.78	-17.00
2.15.	21 53.4	-12 49	147.75	32.39	326 06	9 39 12	50.61	-6.83	-17.34

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r 10 ⁶ km	φ ° '	λ ° '	csillagidő h m s	L _N °	B _N °	P _N °
2.16.	21 57.2	-12 29	147.78	32.38	327 06	9 43 08	37.44	-6.87	-17.67
2.17.	22 01.1	-12 08	147.81	32.37	328 07	9 47 05	24.27	-6.91	-18.00
2.18.	22 04.0	-11 47	147.84	32.37	329 07	9 51 02	11.10	-6.95	-18.33
2.19.	22 08.9	-11 26	147.87	32.36	330 08	9 54 58	357.94	-6.98	-18.64
2.20.	22 12.7	-11 04	147.91	32.35	331 08	9 58 55	344.77	-7.02	-18.95
2.21.	22 16.5	-10 43	147.94	32.35	332 09	10 02 51	331.60	-7.05	-19.26
2.22.	22 20.4	-10 21	147.97	32.34	333 09	10 06 48	318.43	-7.08	-19.56
2.23.	22 24.2	-9 59	148.01	32.33	334 10	10 10 44	305.26	-7.10	-19.85
2.24.	22 27.0	-9 37	148.04	32.32	335 10	10 14 41	292.09	-7.13	-20.14
2.25.	22 31.8	-9 15	148.08	32.32	336 10	10 18 37	278.92	-7.15	-20.42
2.26.	22 35.6	-8 52	148.11	32.31	337 11	10 22 34	265.75	-7.17	-20.70
2.27.	22 39.3	-8 30	148.15	32.30	338 11	10 26 31	252.58	-7.19	-20.97
2.28.	22 43.1	-8 07	148.18	32.29	339 11	10 30 27	239.41	-7.20	-21.23
3.01.	22 46.9	-7 45	148.22	32.29	340 12	10 34 24	226.23	-7.22	-21.49
3.02.	22 50.6	-7 22	148.25	32.28	341 12	10 38 20	213.06	-7.23	-21.74
3.03.	22 54.4	-6 59	148.29	32.27	342 12	10 42 17	199.89	-7.24	-21.98
3.04.	22 58.1	-6 36	148.33	32.26	343 12	10 46 13	186.71	-7.24	-22.22
3.05.	23 01.8	-6 13	148.36	32.25	344 13	10 50 10	173.54	-7.25	-22.45
3.06.	23 05.5	-5 50	148.40	32.25	345 13	10 54 06	160.37	-7.25	-22.67
3.07.	23 09.2	-5 26	148.44	32.24	346 13	10 58 03	147.19	-7.25	-22.89
3.08.	23 12.9	-5 03	148.47	32.23	347 13	11 02 00	134.01	-7.25	-23.11
3.09.	23 16.6	-4 40	148.51	32.22	348 13	11 05 56	120.84	-7.24	-23.31
3.10.	23 20.3	-4 16	148.55	32.21	349 13	11 09 53	107.66	-7.24	-23.51
3.11.	23 24.0	-3 53	148.59	32.21	350 13	11 13 49	94.48	-7.23	-23.70
3.12.	23 27.7	-3 29	148.63	32.20	351 13	11 17 46	81.31	-7.22	-23.89
3.13.	23 31.4	-3 06	148.67	32.19	352 12	11 21 42	68.13	-7.21	-24.07
3.14.	23 35.0	-2 42	148.71	32.18	353 12	11 25 39	54.95	-7.19	-24.24
3.15.	23 38.7	-2 18	148.75	32.17	354 12	11 29 35	41.77	-7.17	-24.40
3.16.	23 42.4	-1 55	148.79	32.16	355 12	11 33 32	28.59	-7.15	-24.56
3.17.	23 46.0	-1 31	148.83	32.15	356 12	11 37 29	15.41	-7.13	-24.71
3.18.	23 49.7	-1 07	148.87	32.14	357 11	11 41 25	2.22	-7.11	-24.86
3.19.	23 53.3	-0 43	148.92	32.13	358 11	11 45 22	349.04	-7.08	-25.00
3.20.	23 56.0	-0 20	148.96	32.13	359 11	11 49 18	335.86	-7.05	-25.13
3.21.	0 00.6	+0 04	149.00	32.12	0 10	11 53 15	322.67	-7.02	-25.25
3.22.	0 04.3	+0 28	149.05	32.11	1 10	11 57 11	309.49	-6.99	-25.37
3.23.	0 07.9	+0 51	149.09	32.10	2 09	12 01 08	296.30	-6.95	-25.48
3.24.	0 11.6	+1 15	149.13	32.09	3 09	12 05 04	283.12	-6.92	-25.59
3.25.	0 15.2	+1 39	149.18	32.08	4 08	12 09 01	269.93	-6.88	-25.68
3.26.	0 18.8	+2 02	149.22	32.07	5 08	12 12 58	256.75	-6.84	-25.77
3.27.	0 22.5	+2 26	149.26	32.06	6 07	12 16 54	243.56	-6.80	-25.86
3.28.	0 26.1	+2 49	149.30	32.05	7 07	12 20 51	230.37	-6.75	-25.93
3.29.	0 29.8	+3 13	149.35	32.04	8 06	12 24 47	217.18	-6.70	-26.00
3.30.	0 33.4	+3 36	149.39	32.03	9 05	12 28 44	203.99	-6.65	-26.06
3.31.	0 37.0	+3 59	149.43	32.02	10 05	12 32 40	190.80	-6.60	-26.12
4.01.	0 40.7	+4 23	149.47	32.01	11 04	12 36 37	177.61	-6.55	-26.16
4.02.	0 44.3	+4 46	149.52	32.01	12 03	12 40 33	164.42	-6.50	-26.20
4.03.	0 47.0	+5 09	149.56	32.00	13 02	12 44 30	151.22	-6.44	-26.24
4.04.	0 51.6	+5 32	149.60	31.99	14 02	12 48 27	138.03	-6.38	-26.26

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r 10 ⁶ km	φ ° '	λ ° '	csillagidő h m s	L_N °	B_N °	P_N °
4.05.	0 55.3	+5 55	149.64	31.98	15 01	12 52 23	124.83	-6.32	-26.28
4.06.	0 58.9	+6 18	149.68	31.97	16 00	12 56 20	111.64	-6.26	-26.29
4.07.	1 02.6	+6 40	149.73	31.96	16 59	13 00 16	98.44	-6.20	-26.29
4.08.	1 06.3	+7 03	149.77	31.95	17 58	13 04 13	85.24	-6.13	-26.29
4.09.	1 09.9	+7 25	149.81	31.94	18 57	13 08 09	72.04	-6.06	-26.28
4.10.	1 13.6	+7 47	149.85	31.93	19 56	13 12 06	58.85	-5.99	-26.26
4.11.	1 17.3	+8 10	149.90	31.92	20 54	13 16 02	45.65	-5.92	-26.24
4.12.	1 20.9	+8 32	149.94	31.92	21 53	13 19 59	32.44	-5.85	-26.21
4.13.	1 24.6	+8 54	149.98	31.91	22 52	13 23 55	19.24	-5.78	-26.17
4.14.	1 28.3	+9 15	150.02	31.90	23 51	13 27 52	6.04	-5.70	-26.12
4.15.	1 32.0	+9 37	150.07	31.89	24 50	13 31 49	352.84	-5.62	-26.06
4.16.	1 35.7	+9 58	150.11	31.88	25 48	13 35 45	339.63	-5.54	-26.00
4.17.	1 39.4	+10 20	150.15	31.87	26 47	13 39 42	326.43	-5.46	-25.93
4.18.	1 43.1	+10 41	150.19	31.86	27 46	13 43 38	313.22	-5.38	-25.86
4.19.	1 46.8	+11 02	150.24	31.85	28 44	13 47 35	300.01	-5.30	-25.77
4.20.	1 50.6	+11 22	150.28	31.84	29 43	13 51 31	286.81	-5.21	-25.68
4.21.	1 54.3	+11 43	150.32	31.83	30 42	13 55 28	273.60	-5.12	-25.58
4.22.	1 58.0	+12 03	150.36	31.83	31 40	13 59 24	260.39	-5.04	-25.47
4.23.	2 01.8	+12 23	150.40	31.82	32 39	14 03 21	247.18	-4.95	-25.36
4.24.	2 05.5	+12 43	150.45	31.81	33 37	14 07 18	233.97	-4.86	-25.24
4.25.	2 09.3	+13 03	150.49	31.80	34 36	14 11 14	220.76	-4.76	-25.11
4.26.	2 13.1	+13 23	150.53	31.79	35 34	14 15 11	207.55	-4.67	-24.98
4.27.	2 16.9	+13 42	150.57	31.78	36 33	14 19 07	194.34	-4.58	-24.83
4.28.	2 20.6	+14 01	150.60	31.77	37 31	14 23 04	181.12	-4.48	-24.68
4.29.	2 24.4	+14 20	150.64	31.77	38 29	14 27 00	167.91	-4.38	-24.53
4.30.	2 28.2	+14 39	150.68	31.76	39 28	14 30 57	154.70	-4.28	-24.36
5.01.	2 32.1	+14 57	150.72	31.75	40 26	14 34 53	141.48	-4.18	-24.19
5.02.	2 35.9	+15 15	150.76	31.74	41 24	14 38 50	128.26	-4.08	-24.01
5.03.	2 39.7	+15 33	150.79	31.73	42 22	14 42 47	115.05	-3.98	-23.82
5.04.	2 43.6	+15 51	150.83	31.73	43 21	14 46 43	101.83	-3.88	-23.63
5.05.	2 47.4	+16 08	150.87	31.72	44 19	14 50 40	88.61	-3.77	-23.43
5.06.	2 51.3	+16 25	150.90	31.71	45 17	14 54 36	75.39	-3.67	-23.22
5.07.	2 55.1	+16 42	150.94	31.70	46 15	14 58 33	62.17	-3.56	-23.01
5.08.	2 59.0	+16 58	150.97	31.70	47 13	15 02 29	48.95	-3.46	-22.79
5.09.	3 02.9	+17 15	151.01	31.69	48 11	15 06 26	35.73	-3.35	-22.56
5.10.	3 06.8	+17 31	151.04	31.68	49 09	15 10 22	22.51	-3.24	-22.32
5.11.	3 10.7	+17 46	151.08	31.68	50 07	15 14 19	9.28	-3.13	-22.08
5.12.	3 14.6	+18 02	151.11	31.67	51 05	15 18 16	356.06	-3.02	-21.83
5.13.	3 18.5	+18 17	151.14	31.66	52 03	15 22 12	342.83	-2.91	-21.57
5.14.	3 22.5	+18 31	151.18	31.65	53 01	15 26 09	329.61	-2.80	-21.31
5.15.	3 26.4	+18 46	151.21	31.65	53 59	15 30 05	316.38	-2.68	-21.04
5.16.	3 30.4	+19 00	151.24	31.64	54 56	15 34 02	303.16	-2.57	-20.77
5.17.	3 34.3	+19 14	151.28	31.63	55 54	15 37 58	289.93	-2.45	-20.48
5.18.	3 38.3	+19 27	151.31	31.63	56 52	15 41 55	276.70	-2.34	-20.19
5.19.	3 42.3	+19 40	151.34	31.62	57 50	15 45 51	263.48	-2.22	-19.90
5.20.	3 46.3	+19 53	151.37	31.61	58 48	15 49 48	250.25	-2.11	-19.60
5.21.	3 50.3	+20 06	151.40	31.61	59 45	15 53 45	237.02	-1.99	-19.29
5.22.	3 54.3	+20 18	151.43	31.60	60 43	15 57 41	223.79	-1.87	-18.98

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r 10 ⁶ km	φ ° '	λ ° '	csillagidő h m s	L _N °	B _N °	P _N °
5.23.	3 58.3	+20 30	151.46	31.59	61 41	16 01 38	210.56	-1.76	-18.66
5.24.	4 02.3	+20 41	151.49	31.59	62 38	16 05 34	197.33	-1.64	-18.33
5.25.	4 06.4	+20 52	151.52	31.58	63 36	16 09 31	184.10	-1.52	-18.00
5.26.	4 10.4	+21 03	151.54	31.58	64 34	16 13 27	170.87	-1.40	-17.66
5.27.	4 14.4	+21 13	151.57	31.57	65 31	16 17 24	157.64	-1.28	-17.32
5.28.	4 18.5	+21 23	151.60	31.57	66 29	16 21 20	144.41	-1.16	-16.97
5.29.	4 22.6	+21 33	151.62	31.56	67 27	16 25 17	131.18	-1.04	-16.62
5.30.	4 26.7	+21 42	151.65	31.56	68 24	16 29 14	117.95	-0.92	-16.26
5.31.	4 30.7	+21 51	151.67	31.55	69 22	16 33 10	104.71	-0.80	-15.89
6.01.	4 34.8	+22 00	151.69	31.55	70 19	16 37 07	91.48	-0.68	-15.52
6.02.	4 38.9	+22 08	151.71	31.54	71 17	16 41 03	78.25	-0.56	-15.15
6.03.	4 43.0	+22 16	151.73	31.54	72 14	16 45 00	65.01	-0.44	-14.77
6.04.	4 47.1	+22 23	151.76	31.53	73 12	16 48 56	51.78	-0.32	-14.39
6.05.	4 51.2	+22 30	151.78	31.53	74 09	16 52 53	38.54	-0.20	-14.00
6.06.	4 55.4	+22 36	151.80	31.52	75 07	16 56 49	25.31	-0.08	-13.60
6.07.	4 59.5	+22 43	151.81	31.52	76 04	17 00 46	12.07	0.04	-13.21
6.08.	5 03.6	+22 48	151.83	31.52	77 01	17 04 43	358.84	0.16	-12.81
6.09.	5 07.7	+22 54	151.85	31.51	77 59	17 08 39	345.60	0.28	-12.40
6.10.	5 11.9	+22 59	151.87	31.51	78 56	17 12 36	332.36	0.40	-11.99
6.11.	5 16.0	+23 03	151.89	31.51	79 54	17 16 32	319.13	0.52	-11.58
6.12.	5 20.2	+23 07	151.90	31.50	80 51	17 20 29	305.89	0.64	-11.17
6.13.	5 24.3	+23 11	151.92	31.50	81 48	17 24 25	292.66	0.76	-10.75
6.14.	5 28.5	+23 14	151.94	31.50	82 45	17 28 22	279.42	0.88	-10.32
6.15.	5 32.6	+23 17	151.95	31.49	83 43	17 32 18	266.18	1.00	-9.90
6.16.	5 36.8	+23 20	151.97	31.49	84 40	17 36 15	252.94	1.12	-9.47
6.17.	5 40.9	+23 22	151.98	31.49	85 37	17 40 12	239.71	1.24	-9.04
6.18.	5 45.1	+23 24	151.99	31.48	86 35	17 44 08	226.47	1.36	-8.60
6.19.	5 49.2	+23 25	152.01	31.48	87 32	17 48 05	213.23	1.48	-8.17
6.20.	5 53.4	+23 26	152.02	31.48	88 29	17 52 01	200.00	1.60	-7.73
6.21.	5 57.6	+23 26	152.03	31.48	89 26	17 55 58	186.76	1.71	-7.29
6.22.	6 01.7	+23 26	152.04	31.47	90 24	17 59 54	173.52	1.83	-6.84
6.23.	6 05.9	+23 26	152.05	31.47	91 21	18 03 51	160.29	1.95	-6.40
6.24.	6 10.0	+23 25	152.06	31.47	92 18	18 07 47	147.05	2.06	-5.95
6.25.	6 14.2	+23 24	152.07	31.47	93 16	18 11 44	133.81	2.18	-5.50
6.26.	6 18.4	+23 22	152.07	31.47	94 13	18 15 41	120.58	2.29	-5.05
6.27.	6 22.5	+23 20	152.08	31.47	95 10	18 19 37	107.34	2.41	-4.60
6.28.	6 26.7	+23 18	152.08	31.47	96 07	18 23 34	94.11	2.52	-4.15
6.29.	6 30.8	+23 15	152.09	31.46	97 05	18 27 30	80.87	2.63	-3.70
6.30.	6 34.0	+23 12	152.09	31.46	98 02	18 31 27	67.63	2.74	-3.25
7.01.	6 39.1	+23 08	152.09	31.46	98 59	18 35 23	54.40	2.86	-2.79
7.02.	6 43.2	+23 04	152.09	31.46	99 56	18 39 20	41.16	2.97	-2.34
7.03.	6 47.4	+22 59	152.10	31.46	100 53	18 43 16	27.92	3.08	-1.89
7.04.	6 51.5	+22 55	152.10	31.46	101 51	18 47 13	14.69	3.18	-1.43
7.05.	6 55.6	+22 49	152.10	31.46	102 48	18 51 10	1.45	3.29	-0.98
7.06.	6 59.7	+22 44	152.09	31.46	103 45	18 55 06	348.22	3.40	-0.53
7.07.	7 03.8	+22 38	152.09	31.46	104 42	18 59 03	334.98	3.50	-0.07
7.08.	7 07.9	+22 31	152.09	31.46	105 39	19 02 59	321.75	3.61	0.38
7.09.	7 12.0	+22 24	152.09	31.46	106 36	19 06 56	308.51	3.71	0.83

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	r 10 ⁶ km	ø '	λ ° ' "	csillagidő h m s	L _N °	B _N °	P _N °
7.10.	7 16.1	+22 17	152.09	31.46	107 34	19 10 52	295.28	3.82	1.28
7.11.	7 20.2	+22 09	152.08	31.47	108 31	19 14 49	282.04	3.92	1.73
7.12.	7 24.3	+22 01	152.08	31.47	109 28	19 18 45	268.81	4.02	2.18
7.13.	7 28.3	+21 53	152.07	31.47	110 25	19 22 42	255.57	4.12	2.63
7.14.	7 32.4	+21 44	152.07	31.47	111 22	19 26 39	242.34	4.22	3.08
7.15.	7 36.5	+21 35	152.06	31.47	112 20	19 30 35	229.11	4.32	3.52
7.16.	7 40.5	+21 26	152.06	31.47	113 17	19 34 32	215.87	4.41	3.96
7.17.	7 44.5	+21 16	152.05	31.47	114 14	19 38 28	202.64	4.51	4.40
7.18.	7 48.6	+21 06	152.04	31.47	115 11	19 42 25	189.41	4.60	4.84
7.19.	7 52.6	+20 55	152.03	31.48	116 09	19 46 21	176.18	4.69	5.28
7.20.	7 56.6	+20 44	152.02	31.48	117 06	19 50 18	162.95	4.78	5.72
7.21.	8 00.6	+20 33	152.01	31.48	118 03	19 54 14	149.72	4.87	6.15
7.22.	8 04.6	+20 21	152.00	31.48	119 00	19 58 11	136.49	4.96	6.58
7.23.	8 08.6	+20 09	151.99	31.48	119 58	20 02 08	123.26	5.05	7.01
7.24.	8 12.5	+19 57	151.98	31.49	120 55	20 06 04	110.03	5.14	7.43
7.25.	8 16.5	+19 44	151.96	31.49	121 52	20 10 01	96.80	5.22	7.86
7.26.	8 20.5	+19 32	151.95	31.49	122 50	20 13 57	83.57	5.30	8.28
7.27.	8 24.4	+19 18	151.93	31.50	123 47	20 17 54	70.34	5.39	8.69
7.28.	8 28.3	+19 05	151.92	31.50	124 44	20 21 50	57.11	5.47	9.11
7.29.	8 32.3	+18 51	151.90	31.50	125 42	20 25 47	43.89	5.55	9.52
7.30.	8 36.2	+18 37	151.88	31.51	126 39	20 29 43	30.66	5.62	9.92
7.31.	8 40.1	+18 22	151.86	31.51	127 37	20 33 40	17.43	5.70	10.33
8.01.	8 43.0	+18 07	151.84	31.51	128 34	20 37 37	4.21	5.77	10.73
8.02.	8 47.8	+17 52	151.82	31.52	129 31	20 41 33	350.98	5.84	11.13
8.03.	8 51.7	+17 37	151.80	31.52	130 29	20 45 30	337.76	5.92	11.52
8.04.	8 55.6	+17 21	151.78	31.53	131 26	20 49 26	324.53	5.99	11.91
8.05.	8 59.4	+17 05	151.76	31.53	132 24	20 53 23	311.31	6.05	12.29
8.06.	9 03.3	+16 49	151.74	31.54	133 21	20 57 19	298.08	6.12	12.67
8.07.	9 07.1	+16 32	151.72	31.54	134 19	21 01 16	284.86	6.18	13.05
8.08.	9 10.9	+16 15	151.69	31.55	135 16	21 05 12	271.64	6.25	13.43
8.09.	9 14.7	+15 58	151.67	31.55	136 13	21 09 09	258.41	6.31	13.80
8.10.	9 18.5	+15 41	151.65	31.56	137 11	21 13 06	245.19	6.37	14.16
8.11.	9 22.3	+15 23	151.62	31.56	138 08	21 17 02	231.97	6.42	14.52
8.12.	9 26.1	+15 06	151.60	31.57	139 06	21 20 59	218.75	6.48	14.88
8.13.	9 29.9	+14 48	151.57	31.57	140 04	21 24 55	205.53	6.53	15.23
8.14.	9 33.6	+14 29	151.55	31.58	141 01	21 28 52	192.31	6.58	15.58
8.15.	9 37.4	+14 11	151.52	31.58	141 59	21 32 48	179.09	6.63	15.92
8.16.	9 41.1	+13 52	151.50	31.59	142 56	21 36 45	165.87	6.68	16.26
8.17.	9 44.9	+13 33	151.47	31.59	143 54	21 40 41	152.66	6.73	16.60
8.18.	9 48.6	+13 14	151.44	31.60	144 52	21 44 38	139.44	6.77	16.93
8.19.	9 52.3	+12 55	151.41	31.60	145 50	21 48 35	126.22	6.82	17.25
8.20.	9 56.0	+12 35	151.39	31.61	146 47	21 52 31	113.01	6.86	17.57
8.21.	9 59.7	+12 15	151.36	31.62	147 45	21 56 28	99.79	6.90	17.89
8.22.	10 03.4	+11 55	151.33	31.62	148 43	22 00 24	86.58	6.93	18.20
8.23.	10 07.1	+11 35	151.29	31.63	149 41	22 04 21	73.36	6.97	18.50
8.24.	10 10.8	+11 15	151.26	31.64	150 39	22 08 17	60.15	7.00	18.80
8.25.	10 14.5	+10 54	151.23	31.64	151 36	22 12 14	46.94	7.03	19.10
8.26.	10 18.2	+10 33	151.20	31.65	152 34	22 16 10	33.72	7.06	19.39

dátum 0 ^h UT	RA h m	D °	r 10 ⁶ km	Ø '	λ °	csillagidő h m s	L _N °	B _N °	P _N °
8.27.	10 21.8	+10 13	151.16	31.66	153 32	22 20 07	20.51	7.09	19.67
8.28.	10 25.5	+9 52	151.13	31.66	154 30	22 24 04	7.30	7.11	19.95
8.29.	10 29.1	+9 30	151.09	31.67	155 28	22 28 00	354.09	7.13	20.22
8.30.	10 32.8	+9 09	151.06	31.68	156 26	22 31 57	340.88	7.16	20.49
8.31.	10 36.4	+8 47	151.02	31.69	157 24	22 35 53	327.67	7.17	20.76
9.01.	10 40.0	+8 26	150.99	31.69	158 22	22 39 50	314.46	7.19	21.01
9.02.	10 43.7	+8 04	150.95	31.70	159 20	22 43 46	301.25	7.21	21.27
9.03.	10 47.3	+7 42	150.91	31.71	160 18	22 47 43	288.04	7.22	21.51
9.04.	10 50.9	+7 20	150.88	31.72	161 16	22 51 39	274.83	7.23	21.75
9.05.	10 54.5	+6 58	150.84	31.72	162 15	22 55 36	261.62	7.24	21.99
9.06.	10 58.1	+6 36	150.80	31.73	163 13	22 59 33	248.41	7.24	22.22
9.07.	11 01.7	+6 13	150.76	31.74	164 11	23 03 29	235.21	7.25	22.44
9.08.	11 05.3	+5 51	150.73	31.75	165 09	23 07 26	222.00	7.25	22.66
9.09.	11 08.9	+5 28	150.69	31.76	166 07	23 11 22	208.79	7.25	22.87
9.10.	11 12.5	+5 06	150.65	31.76	167 06	23 15 19	195.59	7.25	23.08
9.11.	11 16.1	+4 43	150.61	31.77	168 04	23 19 15	182.38	7.25	23.28
9.12.	11 19.7	+4 20	150.58	31.78	169 02	23 23 12	169.18	7.24	23.47
9.13.	11 23.3	+3 57	150.54	31.79	170 01	23 27 08	155.98	7.23	23.66
9.14.	11 26.9	+3 34	150.50	31.80	170 59	23 31 05	142.77	7.22	23.84
9.15.	11 30.5	+3 11	150.46	31.80	171 57	23 35 02	129.57	7.21	24.02
9.16.	11 34.0	+2 48	150.42	31.81	172 56	23 38 58	116.37	7.19	24.19
9.17.	11 37.6	+2 25	150.38	31.82	173 54	23 42 55	103.17	7.18	24.35
9.18.	11 41.2	+2 02	150.34	31.83	174 53	23 46 51	89.97	7.16	24.51
9.19.	11 44.8	+1 39	150.30	31.84	175 52	23 50 48	76.77	7.14	24.66
9.20.	11 48.4	+1 15	150.26	31.85	176 50	23 54 44	63.57	7.12	24.81
9.21.	11 51.0	+0 52	150.22	31.86	177 49	23 58 41	50.37	7.09	24.95
9.22.	11 55.6	+0 29	150.18	31.86	178 48	0 02 37	37.17	7.06	25.08
9.23.	11 59.2	+0 05	150.13	31.87	179 46	0 06 34	23.97	7.03	25.20
9.24.	12 02.8	-0 18	150.09	31.88	180 45	0 10 31	10.77	7.00	25.32
9.25.	12 06.3	-0 41	150.05	31.89	181 44	0 14 27	357.57	6.97	25.44
9.26.	12 09.9	-1 05	150.01	31.90	182 43	0 18 24	344.37	6.93	25.54
9.27.	12 13.5	-1 28	149.96	31.91	183 41	0 22 20	331.18	6.90	25.64
9.28.	12 17.2	-1 51	149.92	31.92	184 40	0 26 17	317.98	6.86	25.73
9.29.	12 20.8	-2 15	149.88	31.93	185 39	0 30 13	304.78	6.82	25.82
9.30.	12 24.4	-2 38	149.83	31.94	186 38	0 34 10	291.59	6.77	25.90
10.01.	12 27.0	-3 01	149.79	31.95	187 37	0 38 06	278.39	6.73	25.97
10.02.	12 31.6	-3 25	149.74	31.96	188 36	0 42 03	265.19	6.68	26.03
10.03.	12 35.2	-3 48	149.70	31.97	189 35	0 46 00	252.00	6.63	26.09
10.04.	12 38.9	-4 11	149.66	31.98	190 34	0 49 56	238.80	6.58	26.14
10.05.	12 42.5	-4 34	149.61	31.98	191 33	0 53 53	225.61	6.52	26.18
10.06.	12 46.1	-4 57	149.57	31.99	192 32	0 57 49	212.41	6.47	26.22
10.07.	12 49.8	-5 20	149.53	32.00	193 31	1 01 46	199.22	6.41	26.25
10.08.	12 53.4	-5 43	149.49	32.01	194 31	1 05 42	186.03	6.35	26.27
10.09.	12 57.1	-6 06	149.44	32.02	195 30	1 09 39	172.83	6.29	26.29
10.10.	13 00.8	-6 29	149.40	32.03	196 29	1 13 35	159.64	6.23	26.29
10.11.	13 04.4	-6 52	149.36	32.04	197 28	1 17 32	146.45	6.16	26.29
10.12.	13 08.1	-7 14	149.32	32.05	198 28	1 21 29	133.25	6.10	26.29
10.13.	13 11.8	-7 37	149.28	32.06	199 27	1 25 25	120.06	6.03	26.27

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	r 10 ⁶ km	φ ° ' "	λ ° ' "	csillagidő h m s	L _N °	B _N °	P _N °
10.14.	13 15.5	-7 59	149.23	32.07	200 26	1 29 22	106.87	5.96	26.25
10.15.	13 19.2	-8 21	149.19	32.07	201 26	1 33 18	93.68	5.88	26.22
10.16.	13 22.9	-8 44	149.15	32.08	202 25	1 37 15	80.49	5.81	26.18
10.17.	13 26.7	-9 06	149.11	32.09	203 25	1 41 11	67.30	5.73	26.14
10.18.	13 30.4	-9 28	149.07	32.10	204 24	1 45 08	54.11	5.66	26.09
10.19.	13 34.2	-9 49	149.03	32.11	205 24	1 49 04	40.92	5.58	26.03
10.20.	13 37.9	-10 11	148.98	32.12	206 24	1 53 01	27.73	5.50	25.96
10.21.	13 41.7	-10 33	148.94	32.13	207 23	1 56 58	14.54	5.41	25.89
10.22.	13 45.5	-10 54	148.90	32.14	208 23	2 00 54	1.35	5.33	25.80
10.23.	13 49.3	-11 15	148.86	32.15	209 23	2 04 51	348.16	5.24	25.71
10.24.	13 53.1	-11 36	148.82	32.16	210 22	2 08 47	334.98	5.15	25.61
10.25.	13 56.9	-11 57	148.78	32.16	211 22	2 12 44	321.79	5.06	25.51
10.26.	14 00.7	-12 18	148.74	32.17	212 22	2 16 40	308.60	4.97	25.39
10.27.	14 04.6	-12 38	148.69	32.18	213 22	2 20 37	295.41	4.88	25.27
10.28.	14 08.4	-12 58	148.65	32.19	214 22	2 24 33	282.22	4.79	25.14
10.29.	14 12.3	-13 18	148.61	32.20	215 22	2 28 30	269.04	4.69	25.01
10.30.	14 16.1	-13 38	148.57	32.21	216 22	2 32 27	255.85	4.59	24.86
10.31.	14 20.0	-13 58	148.53	32.22	217 22	2 36 23	242.66	4.50	24.71
11.01.	14 23.9	-14 17	148.49	32.23	218 22	2 40 20	229.48	4.40	24.55
11.02.	14 27.9	-14 37	148.45	32.23	219 22	2 44 16	216.29	4.29	24.38
11.03.	14 31.8	-14 56	148.41	32.24	220 22	2 48 13	203.10	4.19	24.20
11.04.	14 35.7	-15 14	148.38	32.25	221 22	2 52 09	189.92	4.09	24.02
11.05.	14 39.7	-15 33	148.34	32.26	222 22	2 56 06	176.73	3.98	23.83
11.06.	14 43.6	-15 51	148.30	32.27	223 22	3 00 02	163.55	3.88	23.63
11.07.	14 47.6	-16 09	148.26	32.28	224 22	3 03 59	150.36	3.77	23.42
11.08.	14 51.6	-16 27	148.23	32.28	225 22	3 07 56	137.18	3.66	23.20
11.09.	14 55.6	-16 44	148.19	32.29	226 22	3 11 52	123.99	3.55	22.98
11.10.	14 59.7	-17 01	148.16	32.30	227 23	3 15 49	110.81	3.44	22.75
11.11.	15 03.7	-17 18	148.12	32.31	228 23	3 19 45	97.62	3.33	22.51
11.12.	15 07.8	-17 34	148.09	32.31	229 23	3 23 42	84.44	3.21	22.26
11.13.	15 11.8	-17 51	148.06	32.32	230 24	3 27 38	71.26	3.10	22.01
11.14.	15 15.9	-18 07	148.02	32.33	231 24	3 31 35	58.07	2.98	21.74
11.15.	15 20.0	-18 22	147.99	32.34	232 25	3 35 31	44.89	2.87	21.48
11.16.	15 24.1	-18 38	147.96	32.34	233 25	3 39 28	31.71	2.75	21.20
11.17.	15 28.2	-18 52	147.93	32.35	234 25	3 43 25	18.52	2.63	20.91
11.18.	15 32.4	-19 07	147.90	32.36	235 26	3 47 21	5.34	2.51	20.62
11.19.	15 36.5	-19 21	147.86	32.36	236 26	3 51 18	352.16	2.39	20.32
11.20.	15 40.7	-19 35	147.83	32.37	237 27	3 55 14	338.98	2.27	20.02
11.21.	15 44.9	-19 49	147.80	32.38	238 28	3 59 11	325.80	2.15	19.70
11.22.	15 49.1	-20 02	147.77	32.38	239 28	4 03 07	312.62	2.03	19.38
11.23.	15 53.3	-20 15	147.74	32.39	240 29	4 07 04	299.44	1.90	19.05
11.24.	15 57.5	-20 27	147.71	32.40	241 30	4 11 00	286.26	1.78	18.72
11.25.	16 01.7	-20 40	147.68	32.40	242 30	4 14 57	273.07	1.66	18.38
11.26.	16 05.0	-20 51	147.66	32.41	243 31	4 18 54	259.89	1.53	18.03
11.27.	16 10.2	-21 03	147.63	32.41	244 32	4 22 50	246.71	1.41	17.67
11.28.	16 14.5	-21 14	147.60	32.42	245 32	4 26 47	233.53	1.28	17.31
11.29.	16 18.8	-21 24	147.57	32.43	246 33	4 30 43	220.36	1.16	16.94
11.30.	16 23.1	-21 34	147.55	32.43	247 34	4 34 40	207.18	1.03	16.57

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ′	r 10 ⁶ km	∅ ′	λ ° ′	csillagidő h m s	L _N °	B _N °	P _N °
12.01.	16 27.4	-21 44	147.52	32.44	248 35	4 38 36	194.00	0.90	16.19
12.02.	16 31.7	-21 53	147.50	32.44	249 35	4 42 33	180.82	0.78	15.81
12.03.	16 36.0	-22 02	147.47	32.45	250 36	4 46 29	167.64	0.65	15.41
12.04.	16 40.4	-22 11	147.45	32.45	251 37	4 50 26	154.46	0.52	15.02
12.05.	16 44.7	-22 19	147.43	32.46	252 38	4 54 23	141.28	0.39	14.61
12.06.	16 49.1	-22 26	147.41	32.46	253 39	4 58 19	128.10	0.26	14.20
12.07.	16 53.4	-22 33	147.39	32.47	254 40	5 02 16	114.93	0.14	13.79
12.08.	16 57.8	-22 40	147.37	32.47	255 41	5 06 12	101.75	0.01	13.37
12.09.	17 02.2	-22 46	147.35	32.48	256 41	5 10 09	88.57	-0.12	12.95
12.10.	17 06.6	-22 52	147.33	32.48	257 42	5 14 05	75.39	-0.25	12.52
12.11.	17 10.0	-22 58	147.32	32.48	258 43	5 18 02	62.22	-0.38	12.09
12.12.	17 15.4	-23 02	147.30	32.49	259 44	5 21 58	49.04	-0.50	11.65
12.13.	17 19.8	-23 07	147.28	32.49	260 45	5 25 55	35.87	-0.63	11.21
12.14.	17 24.2	-23 11	147.27	32.49	261 46	5 29 52	22.69	-0.76	10.76
12.15.	17 28.6	-23 14	147.25	32.50	262 47	5 33 48	9.52	-0.89	10.31
12.16.	17 33.0	-23 18	147.24	32.50	263 48	5 37 45	356.34	-1.01	9.86
12.17.	17 37.5	-23 20	147.23	32.50	264 50	5 41 41	343.17	-1.14	9.40
12.18.	17 41.9	-23 22	147.21	32.51	265 51	5 45 38	329.99	-1.27	8.94
12.19.	17 46.3	-23 24	147.20	32.51	266 52	5 49 34	316.82	-1.39	8.47
12.20.	17 50.8	-23 25	147.19	32.51	267 53	5 53 31	303.64	-1.52	8.01
12.21.	17 55.2	-23 26	147.18	32.51	268 54	5 57 27	290.47	-1.65	7.54
12.22.	17 59.6	-23 26	147.17	32.52	269 55	6 01 24	277.30	-1.77	7.07
12.23.	18 04.1	-23 26	147.16	32.52	270 56	6 05 21	264.13	-1.90	6.59
12.24.	18 08.5	-23 25	147.15	32.52	271 57	6 09 17	250.95	-2.02	6.12
12.25.	18 12.0	-23 24	147.14	32.52	272 58	6 13 14	237.78	-2.14	5.64
12.26.	18 17.4	-23 23	147.13	32.52	274 00	6 17 10	224.61	-2.27	5.16
12.27.	18 21.8	-23 21	147.12	32.53	275 01	6 21 07	211.44	-2.39	4.68
12.28.	18 26.3	-23 18	147.12	32.53	276 02	6 25 03	198.26	-2.51	4.20
12.29.	18 30.7	-23 15	147.11	32.53	277 03	6 29 00	185.09	-2.63	3.71
12.30.	18 35.1	-23 12	147.11	32.53	278 04	6 32 56	171.92	-2.75	3.23
12.31.	18 39.6	-23 08	147.10	32.53	279 05	6 36 53	158.75	-2.87	2.74

A Föld napközben: 1.04.21^hA Föld naptávolban: 7.03.21^h

A Carrington-rotációk kezdete

sorszám	hónap	nap	sorszám	hónap	nap
1932.	1.	22.502	1939.	8.	1.318
1933.	2.	18.844	1940.	8.	28.553
1934.	3.	18.168	1941.	9.	24.816
1935.	4.	14.458	1942.	10.	22.102
1936.	5.	11.702	1943.	11.	18.405
1937.	6.	7.912	1944.	12.	15.722
1938.	7.	5.110			

A Hold adatai

dátum 0 ^h UT	RA h m	D °	Δ km	\varnothing '	fázis	C_N °	L_H °	B_H °	P_H °
1.01.	20 46.7	-15 07	371 400	32.17	0.066	302.68	-2.92	-3.56	-16.61
1.02.	21 43.6	-11 59	369 900	32.30	0.134	314.86	-1.97	-2.09	-20.67
1.03.	22 39.3	-8 07	369 300	32.36	0.221	327.04	-0.99	-0.48	-23.43
1.04.	23 33.9	-3 49	369 400	32.35	0.323	339.21	-0.03	1.17	-24.78
1.05.	0 27.7	+0 42	370 100	32.29	0.433	351.37	0.91	2.73	-24.67
1.06.	1 21.4	+5 08	371 200	32.19	0.547	3.53	1.80	4.13	-23.13
1.07.	2 15.4	+9 16	372 800	32.05	0.657	15.68	2.63	5.27	-20.28
1.08.	3 10.1	+12 52	374 700	31.89	0.759	27.83	3.40	6.10	-16.26
1.09.	4 05.7	+15 43	377 000	31.69	0.846	39.96	4.06	6.56	-11.28
1.10.	5 01.9	+17 39	379 700	31.47	0.916	52.10	4.58	6.64	-5.64
1.11.	5 58.3	+18 34	382 800	31.22	0.965	64.23	4.91	6.35	0.29
1.12.	6 54.1	+18 28	386 200	30.94	0.993	76.35	5.01	5.72	6.14
1.13.	7 48.5	+17 22	389 800	30.66	0.998	88.48	4.85	4.80	11.54
1.14.	8 41.0	+15 25	393 500	30.37	0.983	100.61	4.40	3.66	16.20
1.15.	9 31.4	+12 47	397 000	30.10	0.948	112.74	3.67	2.37	19.94
1.16.	10 19.8	+9 38	400 200	29.86	0.896	124.87	2.68	0.98	22.66
1.17.	11 06.4	+6 08	402 600	29.68	0.831	137.01	1.49	-0.42	24.32
1.18.	11 51.9	+2 26	404 200	29.56	0.755	149.15	0.16	-1.80	24.94
1.19.	12 36.8	-1 20	404 600	29.53	0.670	161.30	-1.24	-3.09	24.54
1.20.	13 21.8	-5 03	403 800	29.59	0.579	173.45	-2.61	-4.25	23.15
1.21.	14 07.7	-8 36	401 700	29.75	0.484	185.61	-3.88	-5.23	20.79
1.22.	14 54.9	-11 50	398 400	29.99	0.389	197.78	-4.95	-6.00	17.49
1.23.	15 44.3	-14 37	394 000	30.33	0.295	209.95	-5.74	-6.51	13.30
1.24.	16 36.1	-16 48	388 900	30.73	0.208	222.12	-6.19	-6.71	8.31
1.25.	17 30.4	-18 11	383 300	31.17	0.130	234.31	-6.25	-6.58	2.68
1.26.	18 27.0	-18 36	377 800	31.63	0.066	246.49	-5.91	-6.09	-3.30
1.27.	19 25.3	-17 56	372 700	32.06	0.022	258.68	-5.20	-5.22	-9.27
1.28.	20 24.3	-16 08	368 600	32.42	0.002	270.87	-4.17	-4.02	-14.76
1.29.	21 23.1	-13 17	365 600	32.69	0.008	283.07	-2.90	-2.54	-19.35
1.30.	22 21.0	-9 35	364 000	32.82	0.042	295.26	-1.50	-0.87	-22.67
1.31.	23 17.8	-5 17	363 900	32.84	0.103	307.45	-0.06	0.86	-24.53
2.01.	0 13.5	-0 41	365 100	32.73	0.186	319.63	1.32	2.53	-24.83
2.02.	1 08.5	+3 54	367 300	32.54	0.285	331.81	2.57	4.02	-23.61
2.03.	2 03.2	+8 11	370 200	32.27	0.394	343.98	3.65	5.25	-21.01
2.04.	2 57.0	+11 57	373 700	31.98	0.506	356.15	4.52	6.14	-17.20
2.05.	3 53.1	+14 59	377 300	31.67	0.616	8.31	5.16	6.65	-12.43
2.06.	4 48.6	+17 08	381 000	31.36	0.719	20.46	5.56	6.79	-6.98
2.07.	5 43.0	+18 20	384 600	31.07	0.809	32.61	5.72	6.56	-1.19
2.08.	6 38.0	+18 31	388 100	30.79	0.884	44.76	5.65	5.98	4.61
2.09.	7 32.9	+17 44	391 400	30.53	0.941	56.90	5.33	5.12	10.07
2.10.	8 25.3	+16 05	394 600	30.28	0.979	69.03	4.78	4.01	14.90
2.11.	9 15.9	+13 42	397 600	30.05	0.998	81.17	4.02	2.73	18.89
2.12.	10 04.7	+10 43	400 300	29.85	0.997	93.31	3.06	1.34	21.92
2.13.	10 51.8	+7 20	402 600	29.68	0.977	105.44	1.92	-0.09	23.91
2.14.	11 37.8	+3 42	404 300	29.56	0.940	117.58	0.65	-1.50	24.85
2.15.	12 22.9	-0 04	405 300	29.48	0.888	129.73	-0.71	-2.84	24.75

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	Δ km	ø '	fázis	C _N °	L _H °	B _H °	P _H °
2.16.	13 07.8	-3 48	405 400	29.47	0.822	141.87	-2.10	-4.05	23.66
2.17.	13 53.1	-7 23	404 500	29.54	0.744	154.03	-3.46	-5.09	21.61
2.18.	14 39.4	-10 42	402 400	29.70	0.658	166.18	-4.71	-5.92	18.64
2.19.	15 27.2	-13 36	399 100	29.94	0.564	178.35	-5.80	-6.50	14.79
2.20.	16 16.0	-15 59	394 800	30.27	0.466	190.52	-6.63	-6.79	10.17
2.21.	17 09.1	-17 39	389 500	30.68	0.367	202.69	-7.15	-6.77	4.88
2.22.	18 03.5	-18 28	383 500	31.16	0.270	214.88	-7.28	-6.41	-0.86
2.23.	18 59.0	-18 17	377 300	31.67	0.180	227.07	-7.01	-5.68	-6.75
2.24.	19 57.9	-17 02	371 300	32.18	0.102	239.26	-6.30	-4.61	-12.43
2.25.	20 56.7	-14 40	366 100	32.64	0.043	251.46	-5.19	-3.22	-17.44
2.26.	21 55.5	-11 19	362 100	33.00	0.008	263.66	-3.74	-1.59	-21.38
2.27.	22 53.9	-7 11	359 700	33.22	0.001	275.87	-2.04	0.18	-23.93
2.28.	23 51.6	-2 33	359 100	33.28	0.024	288.07	-0.21	1.96	-24.88
3.01.	0 48.7	+2 13	360 300	33.17	0.076	300.27	1.61	3.59	-24.20
3.02.	1 45.5	+6 47	363 100	32.91	0.152	312.47	3.28	4.97	-21.96
3.03.	2 42.2	+10 52	367 000	32.56	0.247	324.66	4.71	5.99	-18.38
3.04.	3 38.8	+14 13	371 800	32.14	0.352	336.85	5.81	6.62	-13.71
3.05.	4 35.2	+16 39	376 900	31.71	0.462	349.03	6.55	6.84	-8.30
3.06.	5 31.3	+18 06	382 000	31.28	0.570	1.21	6.91	6.68	-2.50
3.07.	6 26.4	+18 31	386 800	30.89	0.672	13.38	6.91	6.16	3.33
3.08.	7 20.3	+17 58	391 200	30.54	0.765	25.55	6.58	5.35	8.86
3.09.	8 12.6	+16 32	395 100	30.25	0.844	37.71	5.96	4.29	13.81
3.10.	9 03.1	+14 21	398 400	30.00	0.909	49.86	5.11	3.05	17.98
3.11.	9 51.9	+11 33	401 100	29.79	0.957	62.02	4.07	1.69	21.22
3.12.	10 39.1	+8 17	403 200	29.64	0.987	74.17	2.88	0.27	23.47
3.13.	11 25.1	+4 43	404 800	29.52	1.000	86.32	1.59	-1.15	24.68
3.14.	12 10.4	+0 59	405 800	29.45	0.994	98.47	0.24	-2.51	24.87
3.15.	12 55.3	-2 47	406 200	29.42	0.971	110.62	-1.13	-3.76	24.04
3.16.	13 40.5	-6 25	405 800	29.44	0.931	122.78	-2.49	-4.84	22.24
3.17.	14 26.4	-9 50	404 700	29.53	0.875	134.94	-3.80	-5.72	19.52
3.18.	15 13.5	-12 51	402 600	29.68	0.806	147.10	-5.00	-6.36	15.93
3.19.	16 02.1	-15 22	399 500	29.91	0.724	159.27	-6.05	-6.72	11.56
3.20.	16 52.6	-17 15	395 500	30.21	0.633	171.44	-6.89	-6.79	6.55
3.21.	17 44.0	-18 20	390 600	30.60	0.534	183.62	-7.47	-6.53	1.07
3.22.	18 39.2	-18 31	384 900	31.05	0.431	195.81	-7.72	-5.94	-4.65
3.23.	19 34.0	-17 41	378 800	31.55	0.327	208.00	-7.60	-5.02	-10.27
3.24.	20 31.8	-15 50	372 600	32.07	0.228	220.20	-7.06	-3.78	-15.45
3.25.	21 29.2	-12 57	366 800	32.57	0.139	232.41	-6.09	-2.28	-19.79
3.26.	22 26.9	-9 11	362 000	33.01	0.068	244.62	-4.72	-0.59	-22.95
3.27.	23 24.7	-4 45	358 700	33.32	0.020	256.84	-2.99	1.17	-24.64
3.28.	0 22.6	+0 03	357 100	33.46	0.001	269.06	-1.03	2.88	-24.70
3.29.	1 20.6	+4 51	357 500	33.42	0.012	281.28	1.03	4.40	-23.10
3.30.	2 18.0	+9 20	359 800	33.21	0.054	293.49	3.01	5.59	-19.96
3.31.	3 17.6	+13 08	363 800	32.85	0.121	305.71	4.76	6.38	-15.53
4.01.	4 16.2	+16 01	368 900	32.39	0.208	317.92	6.15	6.74	-10.15
4.02.	5 14.4	+17 51	374 800	31.89	0.307	330.13	7.09	6.67	-4.23
4.03.	6 11.4	+18 35	380 800	31.38	0.412	342.33	7.55	6.23	1.78
4.04.	7 06.8	+18 17	386 600	30.91	0.517	354.53	7.56	5.47	7.53

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	Δ km	\varnothing '	fázis	C_N °	L_H °	B_H °	P_H °
4.05.	8 00.1	+17 02	391 900	30.49	0.619	6.72	7.15	4.45	12.70
4.06.	8 51.3	+15 00	396 400	30.14	0.713	18.90	6.41	3.25	17.08
4.07.	9 40.4	+12 20	400 100	29.87	0.797	31.08	5.39	1.92	20.55
4.08.	10 27.7	+9 10	402 900	29.66	0.868	43.25	4.18	0.53	23.02
4.09.	11 13.7	+5 39	404 800	29.52	0.925	55.43	2.86	-0.87	24.47
4.10.	11 58.9	+1 57	405 900	29.44	0.967	67.60	1.47	-2.22	24.90
4.11.	12 43.8	-1 50	406 300	29.41	0.992	79.76	0.08	-3.47	24.33
4.12.	13 28.9	-5 33	406 100	29.43	0.999	91.93	-1.27	-4.58	22.77
4.13.	14 14.7	-9 04	405 100	29.50	0.988	104.10	-2.56	-5.48	20.26
4.14.	15 01.5	-12 14	403 600	29.61	0.960	116.27	-3.75	-6.16	16.87
4.15.	15 49.8	-14 55	401 300	29.77	0.915	128.44	-4.83	-6.56	12.68
4.16.	16 39.7	-16 58	398 400	29.99	0.853	140.62	-5.75	-6.67	7.82
4.17.	17 31.3	-18 17	394 800	30.27	0.777	152.80	-6.50	-6.47	2.47
4.18.	18 24.3	-18 43	390 500	30.60	0.688	164.98	-7.04	-5.96	-3.12
4.19.	19 18.5	-18 12	385 600	30.99	0.589	177.18	-7.33	-5.14	-8.68
4.20.	20 13.5	-16 42	380 200	31.43	0.483	189.37	-7.31	-4.03	-13.88
4.21.	21 08.9	-14 14	374 700	31.89	0.374	201.58	-6.95	-2.66	-18.39
4.22.	22 04.6	-10 52	369 300	32.36	0.269	213.79	-6.20	-1.10	-21.90
4.23.	23 00.6	-6 47	364 500	32.78	0.172	226.01	-5.05	0.57	-24.12
4.24.	23 56.0	-2 10	360 800	33.12	0.092	238.24	-3.53	2.24	-24.87
4.25.	0 54.0	+2 39	358 600	33.33	0.034	250.47	-1.71	3.79	-24.01
4.26.	1 52.0	+7 21	358 100	33.37	0.005	262.70	0.29	5.09	-21.56
4.27.	2 51.0	+11 35	359 500	33.24	0.006	274.94	2.31	6.02	-17.64
4.28.	3 50.9	+15 00	362 700	32.94	0.036	287.17	4.16	6.53	-12.52
4.29.	4 50.9	+17 23	367 400	32.53	0.092	299.40	5.69	6.60	-6.62
4.30.	5 50.4	+18 37	373 100	32.03	0.169	311.63	6.78	6.25	-0.40
5.01.	6 48.3	+18 41	379 200	31.51	0.259	323.86	7.37	5.54	5.67
5.02.	7 43.9	+17 43	385 400	31.01	0.358	336.08	7.46	4.56	11.21
5.03.	8 36.9	+15 52	391 200	30.55	0.459	348.29	7.08	3.37	15.94
5.04.	9 27.4	+13 18	396 100	30.16	0.559	0.50	6.33	2.06	19.72
5.05.	10 15.6	+10 12	400 200	29.86	0.654	12.70	5.28	0.68	22.48
5.06.	11 02.1	+6 44	403 100	29.64	0.742	24.90	4.02	-0.70	24.19
5.07.	11 47.4	+3 02	405 000	29.51	0.820	37.09	2.65	-2.04	24.88
5.08.	12 32.3	-0 46	405 800	29.45	0.886	49.28	1.25	-3.29	24.55
5.09.	13 17.2	-4 33	405 700	29.45	0.938	61.47	-0.12	-4.39	23.24
5.10.	14 02.7	-8 10	404 800	29.52	0.975	73.65	-1.41	-5.31	20.96
5.11.	14 49.4	-11 29	403 200	29.64	0.995	85.83	-2.58	-6.00	17.78
5.12.	15 37.6	-14 22	401 100	29.79	0.997	98.01	-3.61	-6.42	13.76
5.13.	16 27.4	-16 39	398 500	29.99	0.980	110.20	-4.49	-6.56	9.01
5.14.	17 18.0	-18 12	395 500	30.22	0.943	122.38	-5.20	-6.39	3.73
5.15.	18 11.9	-18 53	392 100	30.48	0.889	134.57	-5.74	-5.91	-1.86
5.16.	19 05.9	-18 37	388 400	30.77	0.817	146.76	-6.11	-5.12	-7.45
5.17.	20 00.3	-17 23	384 400	31.09	0.730	158.95	-6.28	-4.06	-12.72
5.18.	20 54.9	-15 11	380 100	31.44	0.630	171.16	-6.22	-2.76	-17.35
5.19.	21 49.3	-12 07	375 800	31.80	0.522	183.37	-5.91	-1.28	-21.06
5.20.	22 43.5	-8 19	371 500	32.16	0.411	195.58	-5.30	0.30	-23.59
5.21.	23 37.9	-3 58	367 700	32.50	0.301	207.80	-4.37	1.90	-24.78
5.22.	0 32.8	+0 42	364 500	32.78	0.200	220.03	-3.12	3.42	-24.50

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	Δ km	ϕ '	fázis	C_N °	L_H °	B_H °	P_H °
5.23.	1 28.7	+5 24	362 400	32.97	0.114	232.27	-1.60	4.73	-22.71
5.24.	2 25.0	+9 49	361 700	33.04	0.049	244.51	0.12	5.74	-19.43
5.25.	3 24.7	+13 38	362 400	32.97	0.011	256.76	1.89	6.36	-14.84
5.26.	4 24.7	+16 33	364 800	32.76	0.002	269.00	3.57	6.55	-9.23
5.27.	5 25.1	+18 22	368 600	32.42	0.022	281.25	4.99	6.31	-3.04
5.28.	6 24.8	+18 58	373 500	31.99	0.066	293.50	6.04	5.67	3.26
5.29.	7 22.8	+18 25	379 100	31.52	0.131	305.74	6.63	4.73	9.18
5.30.	8 18.3	+16 51	384 900	31.04	0.211	317.98	6.75	3.55	14.37
5.31.	9 10.0	+14 28	390 500	30.60	0.301	330.21	6.41	2.22	18.59
6.01.	10 00.9	+11 28	395 500	30.21	0.397	342.44	5.69	0.83	21.74
6.02.	10 48.6	+8 03	399 600	29.90	0.494	354.66	4.67	-0.58	23.79
6.03.	11 34.6	+4 21	402 600	29.68	0.590	6.88	3.43	-1.93	24.78
6.04.	12 19.6	+0 32	404 400	29.55	0.681	19.09	2.08	-3.19	24.73
6.05.	13 04.4	-3 18	404 900	29.51	0.765	31.29	0.71	-4.30	23.69
6.06.	13 49.7	-7 01	404 400	29.55	0.840	43.50	-0.61	-5.23	21.68
6.07.	14 35.9	-10 28	402 900	29.66	0.903	55.69	-1.81	-5.94	18.75
6.08.	15 23.7	-13 33	400 600	29.83	0.952	67.89	-2.85	-6.39	14.94
6.09.	16 13.3	-16 05	397 700	30.05	0.984	80.08	-3.69	-6.56	10.36
6.10.	17 04.8	-17 54	394 400	30.29	0.998	92.27	-4.33	-6.41	5.16
6.11.	17 58.1	-18 53	391 000	30.56	0.991	104.46	-4.77	-5.95	-0.44
6.12.	18 52.6	-18 55	387 600	30.83	0.964	116.65	-5.02	-5.18	-6.13
6.13.	19 47.7	-17 56	384 100	31.11	0.915	128.85	-5.10	-4.12	-11.57
6.14.	20 42.8	-15 58	380 800	31.38	0.847	141.04	-5.00	-2.83	-16.41
6.15.	21 37.4	-13 06	377 700	31.64	0.761	153.25	-4.73	-1.36	-20.34
6.16.	22 31.3	-9 29	374 800	31.89	0.661	165.45	-4.28	0.21	-23.14
6.17.	23 24.9	-5 18	372 100	32.12	0.552	177.67	-3.63	1.79	-24.62
6.18.	0 18.3	-0 47	369 800	32.32	0.438	189.89	-2.78	3.29	-24.71
6.19.	1 12.3	+3 50	368 000	32.48	0.325	202.12	-1.73	4.60	-23.37
6.20.	2 07.4	+8 17	366 800	32.57	0.222	214.35	-0.50	5.64	-20.61
6.21.	3 03.9	+12 16	366 600	32.59	0.133	226.60	0.85	6.32	-16.56
6.22.	4 01.0	+15 31	367 500	32.52	0.064	238.84	2.23	6.59	-11.41
6.23.	5 01.2	+17 47	369 400	32.35	0.020	251.09	3.52	6.45	-5.49
6.24.	6 00.9	+18 55	372 500	32.08	0.002	263.34	4.61	5.90	0.77
6.25.	6 59.7	+18 52	376 500	31.74	0.010	275.60	5.39	5.01	6.90
6.26.	7 56.8	+17 44	381 200	31.35	0.042	287.85	5.80	3.86	12.46
6.27.	8 51.4	+15 39	386 200	30.94	0.095	300.10	5.81	2.52	17.13
6.28.	9 43.2	+12 50	391 200	30.54	0.164	312.34	5.43	1.09	20.74
6.29.	10 32.5	+9 30	395 800	30.19	0.245	324.59	4.70	-0.36	23.21
6.30.	11 19.7	+5 50	399 600	29.91	0.334	336.82	3.70	-1.76	24.56
7.01.	12 05.5	+2 00	402 300	29.70	0.427	349.05	2.50	-3.07	24.84
7.02.	12 50.5	-1 52	403 900	29.59	0.522	1.28	1.19	-4.22	24.10
7.03.	13 35.5	-5 39	404 200	29.57	0.616	13.50	-0.14	-5.19	22.38
7.04.	14 21.2	-9 13	403 200	29.64	0.706	25.71	-1.41	-5.95	19.74
7.05.	15 08.2	-12 27	401 100	29.79	0.789	37.92	-2.54	-6.44	16.22
7.06.	15 57.0	-15 12	398 100	30.01	0.862	50.12	-3.48	-6.66	11.89
7.07.	16 47.9	-17 19	394 400	30.30	0.923	62.32	-4.18	-6.57	6.87
7.08.	17 40.9	-18 39	390 400	30.61	0.968	74.52	-4.62	-6.15	1.34
7.09.	18 35.6	-19 02	386 200	30.94	0.994	86.71	-4.80	-5.42	-4.41

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ′	Δ km	φ °	fázis	C_N °	L_H °	B_H °	P_H °
7.10.	19 31.5	-18 23	382 200	31.26	0.998	98.90	-4.73	-4.38	-10.04
7.11.	20 27.7	-16 42	378 600	31.56	0.979	111.09	-4.44	-3.07	-15.17
7.12.	21 23.5	-14 03	375 600	31.81	0.936	123.29	-3.96	-1.57	-19.45
7.13.	22 18.7	-10 34	373 200	32.02	0.871	135.49	-3.33	0.04	-22.59
7.14.	23 12.0	-6 28	371 500	32.17	0.785	147.69	-2.56	1.66	-24.40
7.15.	0 06.7	-2 00	370 400	32.27	0.685	159.89	-1.69	3.20	-24.80
7.16.	1 00.3	+2 36	369 800	32.31	0.574	172.11	-0.73	4.55	-23.77
7.17.	1 54.3	+7 04	369 700	32.32	0.459	184.33	0.29	5.63	-21.36
7.18.	2 49.4	+11 08	370 200	32.28	0.346	196.55	1.35	6.36	-17.67
7.19.	3 45.6	+14 33	371 300	32.19	0.242	208.79	2.39	6.70	-12.90
7.20.	4 43.1	+17 06	372 900	32.05	0.152	221.03	3.36	6.63	-7.32
7.21.	5 41.3	+18 37	375 100	31.86	0.080	233.27	4.19	6.17	-1.26
7.22.	6 39.4	+19 00	378 000	31.61	0.031	245.52	4.82	5.36	4.84
7.23.	7 36.5	+18 17	381 400	31.33	0.005	257.77	5.20	4.25	10.57
7.24.	8 31.8	+16 33	385 300	31.01	0.002	270.03	5.28	2.93	15.56
7.25.	9 24.7	+14 01	389 500	30.68	0.023	282.28	5.04	1.49	19.56
7.26.	10 15.2	+10 51	393 600	30.36	0.063	294.53	4.51	0.00	22.46
7.27.	11 03.6	+7 16	397 400	30.07	0.120	306.77	3.70	-1.46	24.21
7.28.	11 50.2	+3 28	400 600	29.83	0.191	319.01	2.66	-2.82	24.85
7.29.	12 35.7	-0 26	402 900	29.66	0.272	331.25	1.46	-4.05	24.43
7.30.	13 20.7	-4 16	404 100	29.57	0.360	343.48	0.17	-5.08	23.02
7.31.	14 06.1	-7 55	404 100	29.57	0.454	355.71	-1.14	-5.90	20.68
8.01.	14 52.3	-11 16	402 900	29.66	0.549	7.93	-2.39	-6.47	17.46
8.02.	15 39.0	-14 11	400 400	29.85	0.643	20.14	-3.50	-6.76	13.43
8.03.	16 29.6	-16 32	396 800	30.12	0.733	32.35	-4.40	-6.75	8.68
8.04.	17 21.4	-18 10	392 400	30.46	0.817	44.55	-5.04	-6.42	3.36
8.05.	18 15.2	-18 56	387 400	30.84	0.889	56.75	-5.37	-5.77	-2.31
8.06.	19 10.8	-18 42	382 300	31.25	0.946	68.94	-5.38	-4.80	-8.03
8.07.	20 07.4	-17 25	377 500	31.66	0.985	81.13	-5.06	-3.55	-13.43
8.08.	21 04.4	-15 05	373 200	32.02	1.000	93.32	-4.45	-2.05	-18.11
8.09.	22 00.0	-11 49	369 900	32.30	0.989	105.50	-3.57	-0.41	-21.72
8.10.	22 56.9	-7 49	367 700	32.50	0.952	117.69	-2.49	1.29	-24.01
8.11.	23 52.2	-3 19	366 600	32.60	0.890	129.88	-1.29	2.92	-24.82
8.12.	0 47.0	+1 22	366 600	32.60	0.806	142.07	-0.02	4.36	-24.13
8.13.	1 41.8	+5 57	367 500	32.51	0.706	154.27	1.23	5.53	-22.00
8.14.	2 37.0	+10 10	369 200	32.36	0.596	166.48	2.40	6.34	-18.56
8.15.	3 32.9	+13 45	371 500	32.17	0.481	178.69	3.45	6.76	-14.02
8.16.	4 29.6	+16 30	374 100	31.94	0.369	190.91	4.32	6.77	-8.63
8.17.	5 26.8	+18 16	377 100	31.69	0.266	203.13	4.98	6.38	-2.75
8.18.	6 23.0	+18 57	380 200	31.43	0.175	215.36	5.42	5.64	3.26
8.19.	7 20.3	+18 33	383 500	31.16	0.101	227.60	5.61	4.60	9.02
8.20.	8 15.3	+17 09	386 900	30.89	0.046	239.84	5.55	3.33	14.16
8.21.	9 08.3	+14 53	390 300	30.62	0.012	252.08	5.24	1.92	18.42
8.22.	9 59.2	+11 56	393 800	30.35	0.000	264.32	4.69	0.43	21.65
8.23.	10 48.0	+8 30	397 100	30.09	0.008	276.57	3.93	-1.05	23.76
8.24.	11 35.2	+4 45	400 100	29.87	0.036	288.81	2.97	-2.46	24.75
8.25.	12 21.1	+0 52	402 500	29.69	0.081	301.05	1.85	-3.74	24.66
8.26.	13 06.4	-3 00	404 300	29.56	0.141	313.28	0.61	-4.85	23.55

dátum 0 ^h UT	RA h m	D °	Δ km	ϕ '	fázis	C_N °	L_H °	B_H °	P_H °
8.27.	13 51.6	-6 44	405 100	29.50	0.213	325.52	-0.69	-5.73	21.49
8.28.	14 37.3	-10 11	404 800	29.52	0.296	337.74	-2.00	-6.37	18.55
8.29.	15 24.1	-13 14	403 400	29.62	0.386	349.96	-3.26	-6.75	14.80
8.30.	16 12.4	-15 46	400 700	29.82	0.481	2.18	-4.39	-6.83	10.34
8.31.	17 02.5	-17 39	396 800	30.11	0.578	14.38	-5.33	-6.60	5.29
9.01.	17 54.7	-18 44	392 000	30.49	0.675	26.58	-6.00	-6.07	-0.19
9.02.	18 48.8	-18 54	386 400	30.92	0.767	38.78	-6.35	-5.22	-5.83
9.03.	19 44.3	-18 04	380 500	31.40	0.850	50.97	-6.34	-4.07	-11.32
9.04.	20 40.9	-16 10	374 800	31.89	0.920	63.15	-5.92	-2.67	-16.30
9.05.	21 37.8	-13 16	369 600	32.33	0.970	75.33	-5.12	-1.06	-20.39
9.06.	22 34.7	-9 29	365 400	32.70	0.997	87.50	-3.95	0.65	-23.26
9.07.	23 31.4	-5 03	362 600	32.95	0.996	99.67	-2.49	2.35	-24.68
9.08.	0 27.8	-0 16	361 400	33.06	0.966	111.85	-0.84	3.91	-24.52
9.09.	1 24.3	+4 32	361 800	33.03	0.909	124.02	0.88	5.21	-22.80
9.10.	2 21.1	+9 01	363 600	32.86	0.828	136.20	2.54	6.16	-19.64
9.11.	3 18.3	+12 55	366 600	32.60	0.731	148.39	4.01	6.68	-15.26
9.12.	4 15.9	+15 57	370 400	32.26	0.622	160.58	5.21	6.78	-9.95
9.13.	5 13.7	+17 59	374 600	31.90	0.510	172.77	6.09	6.47	-4.08
9.14.	6 11.1	+18 55	379 000	31.53	0.401	184.98	6.62	5.79	1.95
9.15.	7 07.5	+18 45	383 400	31.17	0.298	197.19	6.80	4.81	7.76
9.16.	8 02.3	+17 35	387 500	30.84	0.207	209.40	6.66	3.60	13.01
9.17.	8 55.1	+15 33	391 300	30.54	0.130	221.62	6.25	2.23	17.45
9.18.	9 45.8	+12 47	394 800	30.27	0.070	233.85	5.60	0.78	20.90
9.19.	10 34.7	+9 29	397 900	30.03	0.028	246.08	4.75	-0.68	23.28
9.20.	11 21.9	+5 49	400 700	29.83	0.005	258.30	3.75	-2.10	24.57
9.21.	12 07.9	+1 58	402 900	29.66	0.001	270.53	2.63	-3.40	24.77
9.22.	12 53.2	-1 56	404 700	29.53	0.016	282.76	1.41	-4.54	23.95
9.23.	13 38.4	-5 43	405 800	29.45	0.049	294.99	0.12	-5.47	22.15
9.24.	14 23.9	-9 17	406 200	29.42	0.097	307.21	-1.19	-6.17	19.45
9.25.	15 10.2	-12 28	405 600	29.46	0.160	319.43	-2.50	-6.60	15.94
9.26.	15 57.7	-15 09	404 000	29.58	0.235	331.65	-3.76	-6.75	11.71
9.27.	16 46.7	-17 14	401 400	29.77	0.321	343.86	-4.91	-6.61	6.87
9.28.	17 37.3	-18 34	397 600	30.05	0.414	356.06	-5.90	-6.17	1.61
9.29.	18 29.6	-19 03	392 800	30.42	0.513	8.26	-6.66	-5.43	-3.88
9.30.	19 23.3	-18 36	387 200	30.86	0.614	20.44	-7.12	-4.42	-9.32
10.01.	20 18.1	-17 08	381 000	31.36	0.714	32.63	-7.21	-3.14	-14.41
10.02.	21 13.6	-14 41	374 700	31.89	0.807	44.80	-6.88	-1.66	-18.80
10.03.	22 09.7	-11 18	368 700	32.41	0.888	56.97	-6.09	-0.02	-22.17
10.04.	23 06.0	-7 08	363 600	32.86	0.950	69.13	-4.85	1.66	-24.23
10.05.	0 02.7	-2 25	359 900	33.20	0.989	81.29	-3.20	3.27	-24.77
10.06.	1 00.0	+2 31	357 900	33.39	0.999	93.45	-1.27	4.68	-23.70
10.07.	1 58.0	+7 20	357 800	33.39	0.978	105.60	0.81	5.77	-21.05
10.08.	2 56.9	+11 39	359 600	33.23	0.929	117.76	2.85	6.45	-16.98
10.09.	3 56.5	+15 09	363 000	32.92	0.855	129.92	4.67	6.68	-11.78
10.10.	4 56.3	+17 37	367 600	32.51	0.763	142.09	6.14	6.46	-5.85
10.11.	5 55.6	+18 55	373 000	32.04	0.659	154.26	7.17	5.84	0.35
10.12.	6 53.6	+19 02	378 600	31.56	0.552	166.44	7.73	4.91	6.38
10.13.	7 49.6	+18 05	384 100	31.11	0.445	178.62	7.84	3.73	11.87

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	Δ km	ø '	fázis	C _N °	L _H °	B _H °	P _H °
10.14.	8 43.2	+16 13	389 300	30.70	0.343	190.81	7.55	2.39	16.53
10.15.	9 34.4	+13 35	393 800	30.34	0.251	203.01	6.94	0.97	20.21
10.16.	10 23.3	+10 24	397 700	30.05	0.170	215.21	6.07	-0.47	22.82
10.17.	11 10.5	+6 48	400 800	29.81	0.104	227.42	5.01	-1.86	24.34
10.18.	11 56.4	+2 59	403 300	29.63	0.053	239.63	3.83	-3.15	24.80
10.19.	12 41.6	-0 56	405 100	29.50	0.019	251.84	2.57	-4.29	24.23
10.20.	13 26.6	-4 47	406 200	29.42	0.003	264.05	1.27	-5.24	22.67
10.21.	14 11.9	-8 27	406 700	29.39	0.005	276.27	-0.04	-5.96	20.20
10.22.	14 57.0	-11 47	406 500	29.40	0.024	288.48	-1.33	-6.42	16.89
10.23.	15 45.2	-14 39	405 500	29.47	0.061	300.69	-2.60	-6.61	12.83
10.24.	16 33.7	-16 55	403 900	29.59	0.113	312.89	-3.81	-6.50	8.14
10.25.	17 23.7	-18 29	401 300	29.78	0.180	325.09	-4.93	-6.11	3.01
10.26.	18 14.9	-19 13	397 900	30.03	0.260	337.29	-5.91	-5.44	-2.38
10.27.	19 07.3	-19 03	393 600	30.36	0.351	349.48	-6.71	-4.51	-7.76
10.28.	20 00.4	-17 56	388 400	30.76	0.451	1.66	-7.26	-3.33	-12.85
10.29.	20 54.1	-15 52	382 700	31.23	0.555	13.84	-7.49	-1.96	-17.37
10.30.	21 48.2	-12 53	376 600	31.73	0.660	26.01	-7.33	-0.44	-21.02
10.31.	22 42.6	-9 06	370 500	32.25	0.761	38.17	-6.71	1.15	-23.54
11.01.	23 37.6	-4 40	365 000	32.74	0.852	50.32	-5.62	2.72	-24.71
11.02.	0 33.5	+0 10	360 600	33.14	0.926	62.47	-4.06	4.16	-24.38
11.03.	1 30.7	+5 06	357 700	33.41	0.976	74.61	-2.13	5.34	-22.46
11.04.	2 29.4	+9 46	356 600	33.51	0.998	86.75	0.04	6.16	-18.99
11.05.	3 29.7	+13 48	357 600	33.42	0.989	98.89	2.25	6.53	-14.18
11.06.	4 31.2	+16 52	360 400	33.15	0.950	111.03	4.29	6.44	-8.36
11.07.	5 32.8	+18 45	364 900	32.75	0.887	123.18	5.99	5.91	-2.01
11.08.	6 33.6	+19 21	370 500	32.26	0.804	135.32	7.22	5.01	4.36
11.09.	7 32.3	+18 44	376 700	31.72	0.708	147.48	7.92	3.85	10.25
11.10.	8 28.3	+17 05	382 900	31.20	0.607	159.64	8.12	2.50	15.32
11.11.	9 21.3	+14 35	388 900	30.73	0.503	171.80	7.85	1.07	19.35
11.12.	10 11.5	+11 27	394 200	30.32	0.403	183.97	7.20	-0.37	22.27
11.13.	10 59.3	+7 54	398 600	29.98	0.309	196.15	6.26	-1.76	24.06
11.14.	11 45.5	+4 05	402 000	29.73	0.224	208.33	5.11	-3.05	24.77
11.15.	12 30.6	+0 10	404 400	29.55	0.150	220.52	3.85	-4.19	24.44
11.16.	13 15.4	-3 45	405 900	29.44	0.090	232.72	2.52	-5.14	23.12
11.17.	14 00.4	-7 31	406 500	29.40	0.044	244.91	1.19	-5.86	20.87
11.18.	14 46.2	-10 59	406 300	29.41	0.014	257.11	-0.10	-6.34	17.76
11.19.	15 33.2	-14 02	405 500	29.47	0.002	269.31	-1.34	-6.53	13.87
11.20.	16 21.6	-16 32	404 000	29.58	0.008	281.50	-2.51	-6.45	9.30
11.21.	17 11.5	-18 19	402 000	29.72	0.032	293.70	-3.60	-6.07	4.24
11.22.	18 02.7	-19 18	399 400	29.92	0.074	305.89	-4.58	-5.41	-1.13
11.23.	18 54.8	-19 24	396 300	30.15	0.132	318.08	-5.45	-4.50	-6.53
11.24.	19 47.6	-18 32	392 600	30.44	0.207	330.27	-6.16	-3.36	-11.69
11.25.	20 40.4	-16 45	388 400	30.77	0.295	342.45	-6.67	-2.03	-16.31
11.26.	21 33.2	-14 05	383 600	31.15	0.393	354.62	-6.92	-0.57	-20.12
11.27.	22 25.9	-10 37	378 500	31.57	0.500	6.79	-6.86	0.95	-22.91
11.28.	23 18.8	-6 30	373 300	32.01	0.609	18.95	-6.42	2.47	-24.47
11.29.	0 12.2	-1 55	368 400	32.44	0.716	31.10	-5.56	3.88	-24.67
11.30.	1 06.8	+2 53	364 100	32.82	0.814	43.24	-4.27	5.08	-23.42

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	Δ km	\varnothing '	fázis	C_N °	L_H °	B_H °	P_H °
12.01.	2 03.1	+7 38	360 800	33.12	0.897	55.38	-2.61	5.97	-20.69
12.02.	3 01.5	+11 59	359 100	33.28	0.958	67.51	-0.67	6.47	-16.53
12.03.	4 02.1	+15 35	359 100	33.28	0.992	79.64	1.38	6.51	-11.17
12.04.	5 04.1	+18 07	360 900	33.11	0.996	91.77	3.35	6.10	-4.97
12.05.	6 06.6	+19 23	364 400	32.79	0.972	103.90	5.05	5.28	1.57
12.06.	7 07.0	+19 20	369 300	32.36	0.922	116.03	6.36	4.13	7.88
12.07.	8 07.0	+18 04	375 100	31.85	0.852	128.16	7.17	2.77	13.49
12.08.	9 02.0	+15 49	381 400	31.33	0.767	140.30	7.49	1.29	18.06
12.09.	9 55.6	+12 48	387 500	30.83	0.673	152.44	7.33	-0.21	21.45
12.10.	10 45.3	+9 17	393 200	30.39	0.575	164.60	6.76	-1.66	23.64
12.11.	11 32.7	+5 27	397 900	30.03	0.477	176.75	5.87	-2.99	24.67
12.12.	12 18.4	+1 29	401 600	29.75	0.381	188.92	4.75	-4.16	24.61
12.13.	13 03.4	-2 29	404 200	29.57	0.292	201.09	3.49	-5.14	23.54
12.14.	13 48.3	-6 20	405 500	29.47	0.211	213.26	2.17	-5.89	21.54
12.15.	14 33.7	-9 56	405 700	29.45	0.140	225.44	0.85	-6.38	18.65
12.16.	15 20.2	-13 10	405 000	29.51	0.081	237.62	-0.41	-6.60	14.97
12.17.	16 08.3	-15 52	403 400	29.62	0.037	249.81	-1.57	-6.53	10.57
12.18.	16 58.0	-17 56	401 200	29.78	0.010	262.00	-2.61	-6.17	5.59
12.19.	17 49.3	-19 12	398 600	29.98	0.001	274.19	-3.52	-5.53	0.24
12.20.	18 41.9	-19 34	395 700	30.20	0.012	286.38	-4.28	-4.61	-5.24
12.21.	19 35.1	-18 59	392 500	30.45	0.042	298.57	-4.90	-3.46	-10.54
12.22.	20 28.5	-17 26	389 100	30.71	0.092	310.75	-5.36	-2.12	-15.34
12.23.	21 21.6	-14 58	385 700	30.98	0.161	322.93	-5.65	-0.65	-19.37
12.24.	22 14.1	-11 42	382 100	31.28	0.246	335.11	-5.72	0.88	-22.38
12.25.	23 06.2	-7 47	378 400	31.58	0.344	347.28	-5.57	2.39	-24.21
12.26.	23 58.3	-3 24	374 800	31.89	0.451	359.44	-5.13	3.79	-24.75
12.27.	0 50.8	+1 14	371 300	32.19	0.563	11.60	-4.40	5.01	-23.92
12.28.	1 44.5	+5 54	368 100	32.46	0.674	23.74	-3.36	5.94	-21.72
12.29.	2 39.9	+10 18	365 700	32.68	0.778	35.88	-2.04	6.51	-18.17
12.30.	3 37.6	+14 08	364 100	32.82	0.867	48.02	-0.52	6.66	-13.41
12.31.	4 37.4	+17 07	363 800	32.84	0.937	60.15	1.10	6.38	-7.66

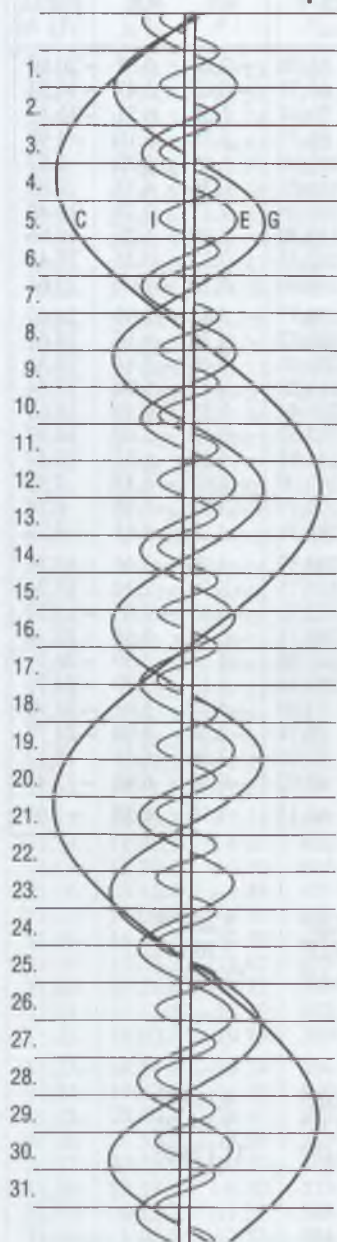
A Hold földközelen:

1.03.09 ^h	1.30.14 ^h	2.27.20 ^h	3.28.07 ^h
4.25.18 ^h	5.23.09 ^h	6.20.17 ^h	7.16.14 ^h
8.11.12 ^h	9.08.06 ^h	10.06.13 ^h	11.04.01 ^h
12.02.12 ^h	12.30.18 ^h		

A Hold földtávolban:

1.18.21 ^h	2.15.15 ^h	3.15.01 ^h	4.11.02 ^h
5.08.09 ^h	6.04.09 ^h	7.02.17 ^h	7.30.12 ^h
8.27.06 ^h	9.23.22 ^h	10.21.05 ^h	11.17.06 ^h
12.14.17 ^h			

Jupiter-holdak – január



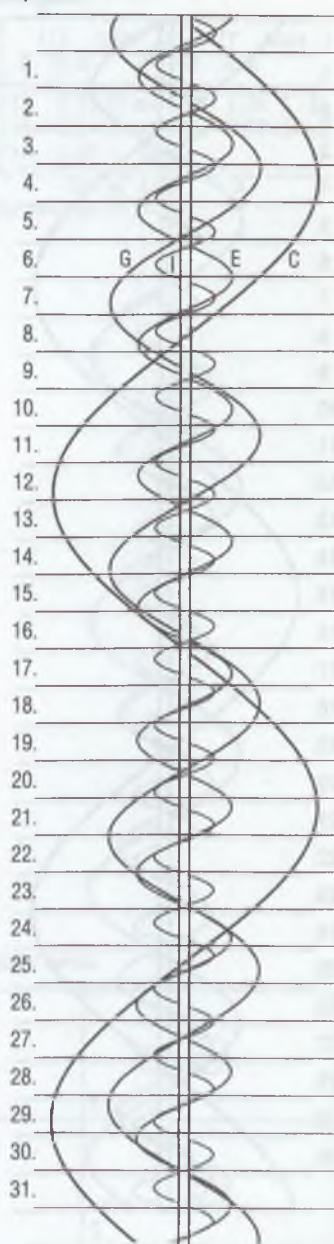
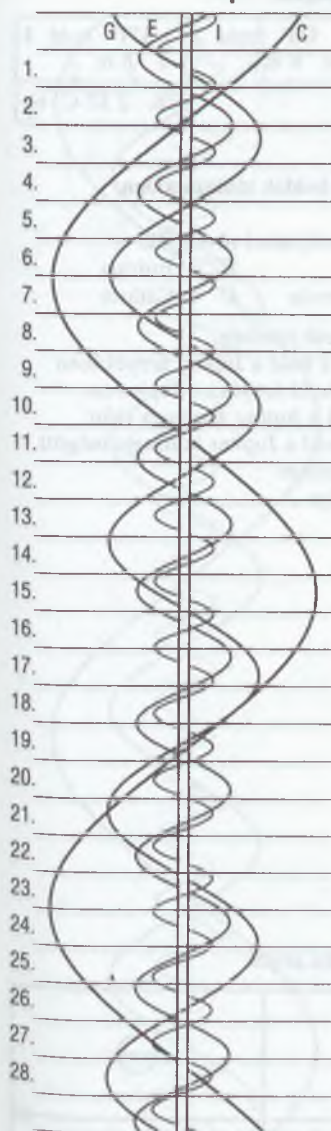
UT hold J d h m	UT hold J d h m	UT hold J d h m
8 16 12 C mv	11. 16 42 E mk 14. 16 05 G ev 15. 16 59 I ev	20. 16 40 E ev

(Jelölések az áprilisi táblázatnál)

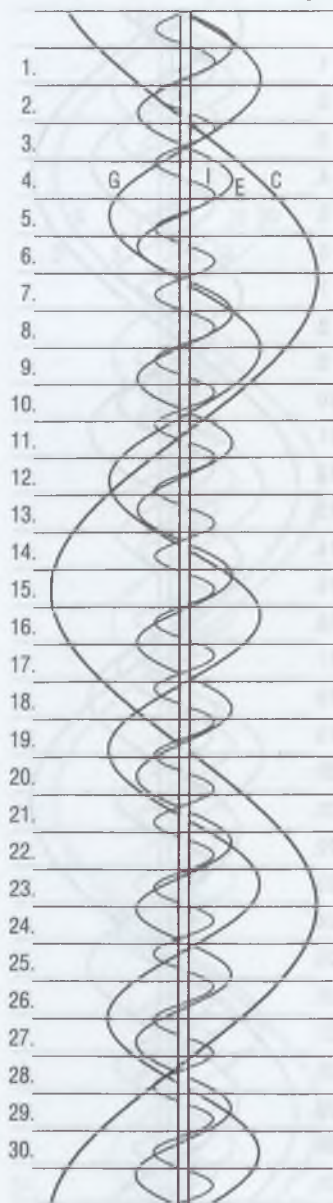
A holdak fogatkozási sávjai

I	E
G	C

Jupiter-holdak – február, március



Jupiter-holdak – április



UT hold J			UT hold J			UT hold J		
d	h	m	d	h	m	d	h	m
						28.	2 57	C ek

Jelölések a Jupiter-holdak táblázataiban

A holdakat kezdőbetűjünkkel rövidítjük:

I = Io E = Europa

G = Ganymede C = Callisto

J = a megfigyelhető jelenség:

f = fogyatkozás: a hold a Jupiter árnyékában

á = átvonulás: a hold árnyéka a Jupiteren

e = előtte: a hold a Jupiter korongja előtt

m = mögötte: a hold a Jupiter korongja mögött

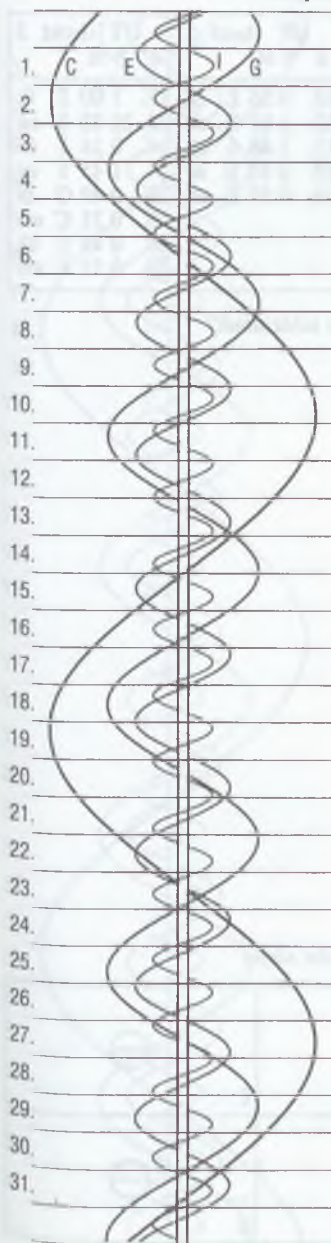
k = a jelenség kezdete

v = a jelenség vége

A holdak fogyatkozási sávjai

I	E
G	C

Jupiter-holdak – május



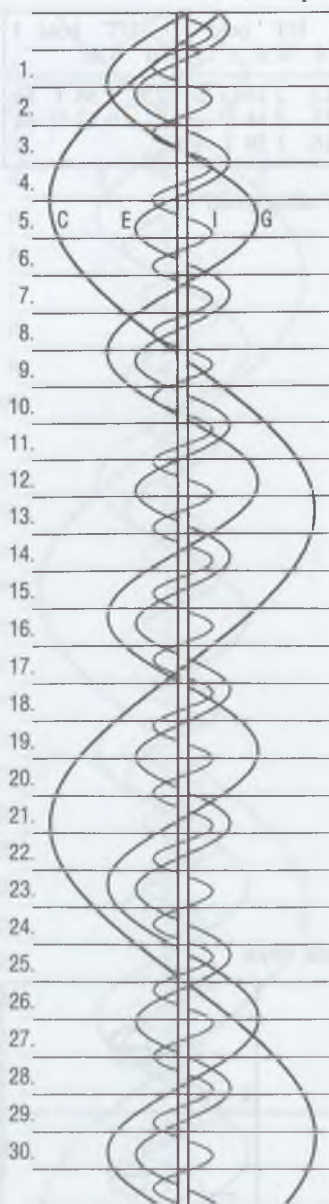
UT hold J d h m	UT hold J d h m	UT hold J d h m
	13. 2 14 G mk	23. 1 38 I ák
	15. 2 14 C ev	31. 0 57 G ek
	16. 1 59 I áv	

(Jelölések az áprilisi táblázatnál)

A holdak fogyatkozási sávjai

I	E
G	C

Jupiter-holdak – június



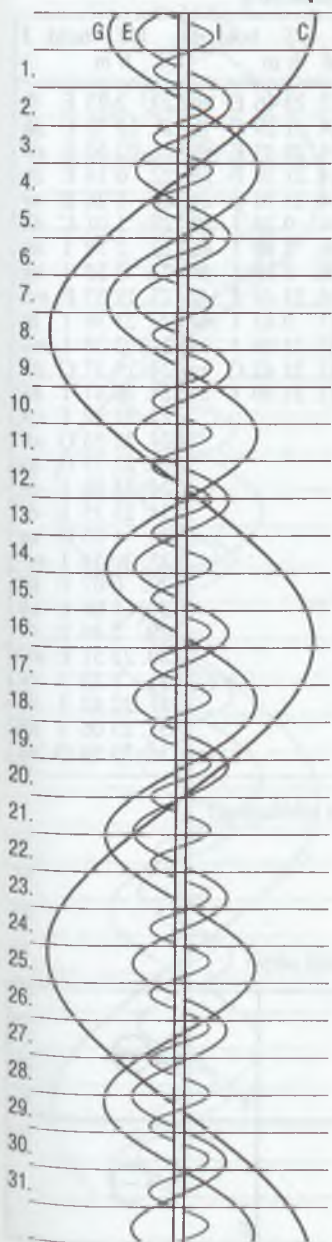
UT hold J d h m	UT hold J d h m	UT hold J d h m
1. 1 33 I ev	10. 0 26 E fk	23. 1 00 I fk
8. 1 15 I ek	12. 1 01 E ev	23. 23 32 I ek
9. 0 51 I mv	15. 1 48 I ák	24. 0 24 I áv
	19. 0 53 E áv	24. 1 45 I ev
	19. 0 57 E ek	25. 0 49 G fv
		26. 0 31 C mv
		26. 0 45 E ák
		28. 0 21 E mv

(Jelölések az áprilisi táblázatnál)

A holdak fogyatkozási sávjai

I	E
G	C

Jupiter-holdak – július



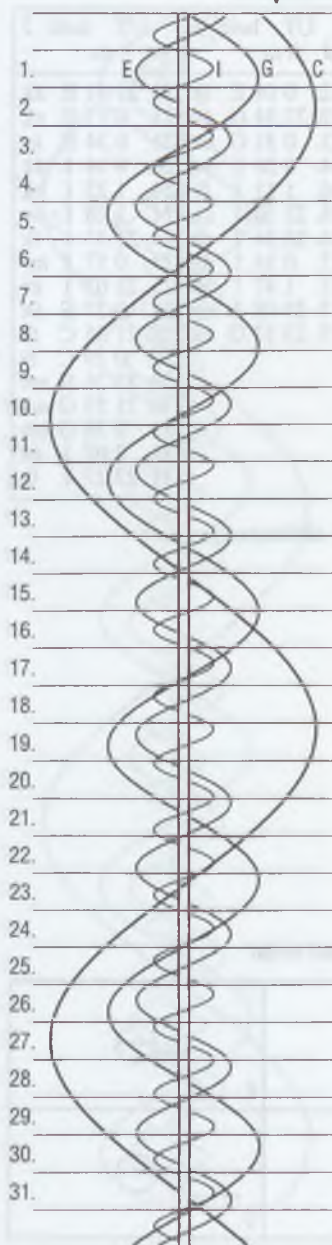
UT hold J		UT hold J		UT hold J	
d	h m	d	h m	d	h m
1.	0 04 I	ák	12.	0 04 E	fk
1.	1 25 I	ek	12.	22 54 G	áv
2.	1 00 I	mv	13.	0 51 G	ek
2.	1 24 G	fk	14.	0 28 E	ev
6.	0 09 G	ev	16.	1 11 I	fk
8.	1 57 I	ák	16.	22 20 I	ák
8.	23 17 I	fk	16.	23 34 I	ek
9.	22 40 I	áv	17.	0 34 I	áv
9.	23 57 I	ev	17.	1 47 I	ev
			17.	23 08 I	mv
			19.	23 33 G	ák
			20.	21 51 E	ák
			21.	0 17 E	ek
			21.	0 34 E	áv
			24.	0 14 I	ák
			24.	1 23 I	ek
			24.	2 28 I	áv
			24.	21 33 I	fk
			25.	0 57 I	mv
			25.	22 03 I	ev
			28.	0 27 E	ák
			28.	21 35 C	fk
			29.	0 39 C	fv
			29.	23 26 E	mv
			30.	21 55 G	mk
			31.	0 58 G	mv
			31.	2 07 I	ák
			31.	23 27 I	fk

(Jelölések az áprilisi táblázatnál)

A holdak fogyatkozási sávjai

I		E	
G		C	

Jupiter-holdak – augusztus



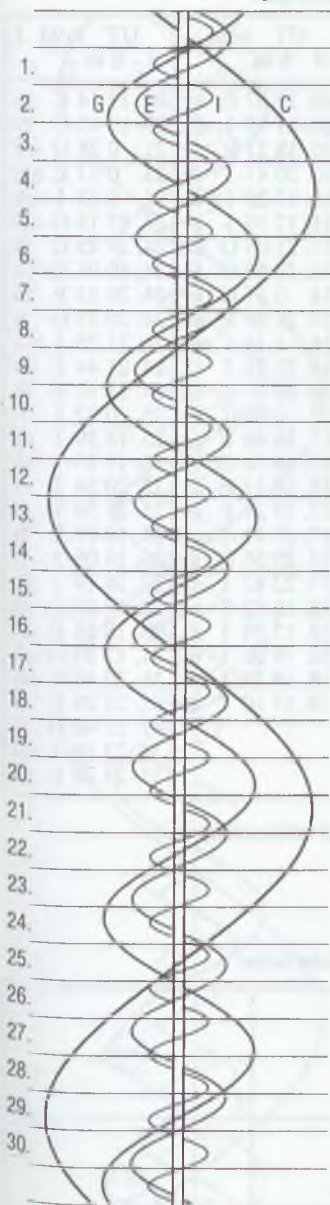
UT hold J			UT hold J			UT hold J		
d	h	m	d	h	m	d	h	m
1.	2 45	I mv	12.	23 46	E fk	20.	2 23	E fk
1.	21 38	I ek	14.	1 29	G fk	21.	21 32	E ák
1.	22 51	I áv	14.	20 33	E ek	21.	22 50	E ek
1.	23 51	I ev	14.	21 39	E áv	22.	0 14	E áv
2.	21 12	I mv	14.	23 10	E ev	22.	1 26	E ev
5.	21 10	E fk	16.	0 24	I ák	23.	1 01	C ák
6.	1 48	E mv	16.	1 10	I ek	23.	2 18	I ák
6.	21 29	G fk	16.	2 39	I áv	23.	2 55	I ek
7.	0 49	G fv	16.	21 44	I fk	23.	19 35	E mv
7.	1 26	G mk	17.	0 43	I mv	23.	23 39	I fk
7.	20 51	E ev	17.	21 08	I áv	24.	2 28	I mv
8.	1 22	I fk	17.	21 42	G ev	24.	19 37	G ák
8.	22 30	I ák	17.	21 50	I ev	24.	20 47	I ák
8.	23 25	I ek				24.	21 22	I ek
9.	0 45	I áv				24.	22 03	G ek
9.	1 38	I ev				24.	22 55	G áv
9.	22 58	I mv				24.	23 02	I áv
						24.	23 35	I ev
						25.	1 03	G ev
						25.	20 54	I mv
						29.	0 07	E ák
						29.	1 05	E ek
						29.	2 49	E áv
						30.	21 51	E mv
						31.	1 33	I fk
						31.	22 42	I ák
						31.	23 06	I ek
						31.	23 38	G ák

(Jelölések az áprilisi táblázatnál)

A holdak fogyatkozási sávjai

I		E	
G		C	

Jupiter-holdak – szeptember



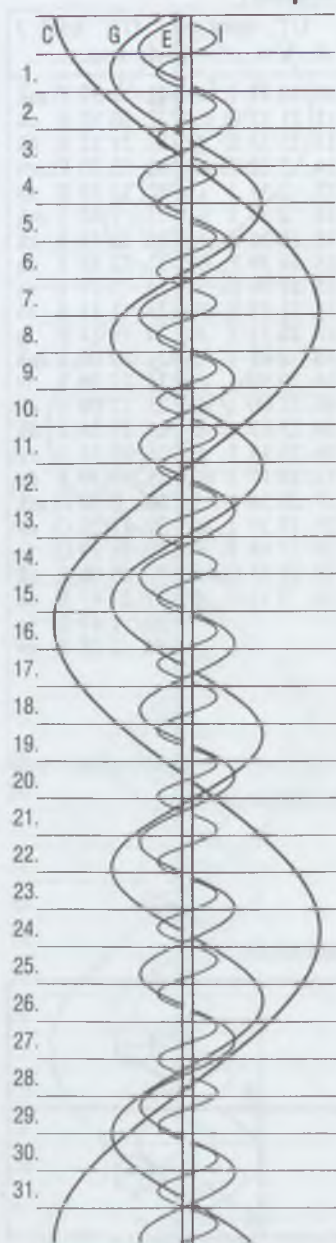
UT hold J d h m	UT hold J d h m	UT hold J d h m
1. 0 57 I áv	10. 18 47 I mv	21. 1 57 E mk
1. 1 20 I ev	11. 21 12 G mv	22. 20 52 E ek
1. 1 21 G ek	13. 23 33 E fk	22. 21 12 E ák
1. 2 55 G áv	14. 2 22 E mv	22. 23 30 E ev
1. 20 01 I fk	15. 2 31 I ák	22. 23 53 E áv
1. 22 38 I mv	15. 2 33 I ek	23. 1 35 I mk
2. 19 26 I áv	15. 18 36 E ák	23. 22 43 I ek
2. 19 46 I ev	15. 18 39 E ek	23. 22 55 I ák
5. 2 43 E ák	15. 21 16 E ev	24. 0 57 I ev
5. 3 19 E ek	15. 21 18 E áv	24. 1 11 I áv
6. 20 56 E fk	15. 23 51 I fk	24. 18 14 E fv
7. 0 07 E mv	16. 2 05 I fv	24. 20 00 I mk
7. 3 27 I fk	16. 20 59 I ek	24. 22 29 I fv
8. 0 36 I ák	16. 21 00 I ák	25. 17 09 I ek
8. 0 50 I ek	16. 23 13 I ev	25. 17 24 I ák
8. 2 52 I áv	16. 23 15 I áv	25. 19 24 I ev
8. 3 04 I ev	17. 18 17 I mk	25. 19 39 I áv
8. 3 39 G ák	17. 20 34 I fv	26. 0 38 G mk
8. 18 42 E áv	18. 17 39 I ev	29. 17 28 G ev
8. 19 03 E ev	18. 17 44 I áv	29. 18 59 G áv
8. 19 24 C ák	18. 21 23 G mk	29. 23 06 E ek
8. 21 49 C áv	19. 0 51 G fv	29. 23 47 E ák
8. 21 56 I fk		30. 1 44 E ev
9. 0 21 I mv		30. 2 28 E áv
9. 19 05 I ák		
9. 19 16 I ek		
9. 21 21 I áv		
9. 21 30 I ev		

(Jelölések az áprilisi táblázatnál)

A holdak fogyatkozási sávjai

I	E
G	C





Jupiter-holdak – október



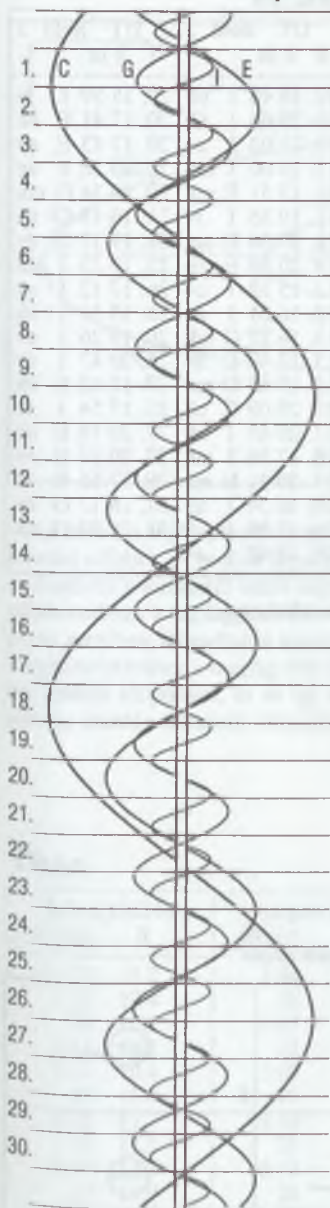
UT hold J d h m	UT hold J d h m	UT hold J d h m
1. 0 27 I ek	10. 17 07 E ev	20. 17 14 C fk
1. 0 50 I ák	10. 17 55 I mk	20. 19 03 C fv
1. 17 20 E mk	10. 18 21 E áv	21. 0 28 G ek
1. 20 52 E fv	10. 20 47 I fv	23. 0 17 E mk
1. 21 44 I mk	11. 17 20 I ev	24. 0 12 I ek
2. 0 23 I fv	11. 17 59 I áv	24. 17 15 G mv
2. 18 54 I ek	13. 21 03 G ek	24. 17 45 G fk
2. 19 19 I ák	13. 23 50 G áv	24. 19 05 E ek
2. 21 08 I ev	14. 0 11 G ák	24. 20 53 E ák
2. 21 35 I áv	15. 21 56 E mk	24. 20 55 G fv
3. 18 52 I fv	16. 1 14 I mk	24. 21 28 I mk
3. 19 08 C mk	16. 22 25 I ek	24. 21 44 E ev
3. 20 09 C mv	16. 23 11 I ák	24. 23 32 E áv
3. 22 51 C fk	17. 0 40 I ev	25. 0 37 I fv
4. 0 59 C fv	17. 16 46 E ek	25. 18 39 I ek
6. 17 42 G ek	17. 16 54 G fv	25. 19 35 I ák
6. 19 48 G ák	17. 18 17 E ák	25. 20 54 I ev
6. 20 49 G ev	17. 19 24 E ev	25. 21 50 I áv
6. 23 00 G áv	17. 19 41 I mk	26. 18 07 E fv
7. 1 21 E ek	17. 20 56 E áv	26. 19 05 I fv
8. 19 37 E mk	17. 22 42 I fv	27. 16 19 I áv
8. 23 29 I mk	18. 16 52 I ek	28. 17 03 C ek
8. 23 31 E fv	18. 17 39 I ák	28. 18 51 C ev
9. 20 39 I ek	18. 19 06 I ev	31. 17 35 G mk
9. 21 15 I ák	18. 19 54 I áv	31. 20 48 G mv
9. 22 53 I ev	19. 17 10 I fv	31. 21 26 E ek
9. 23 30 I áv		31. 21 48 G fk
		31. 23 16 I mk
		31. 23 28 E ák

(Jelölések az áprilisi táblázatnál)

A holdak fogyatkozási sávjai

Jupiter-holdak – november



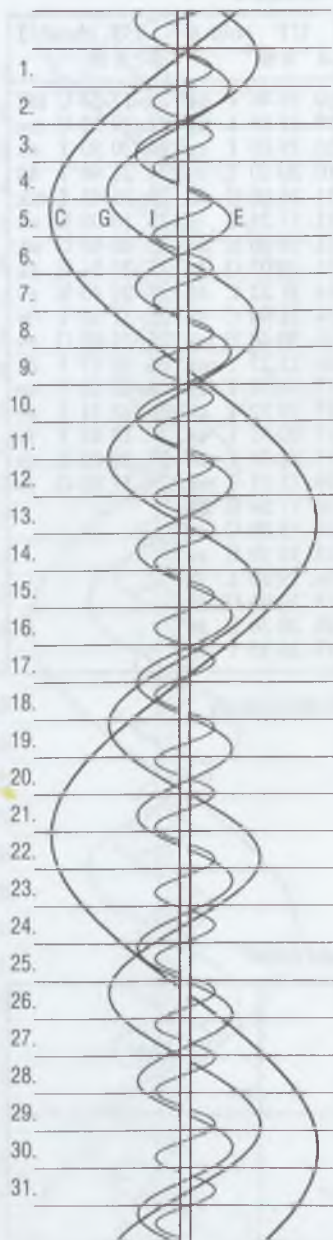
UT hold J d h m	UT hold J d h m	UT hold J d h m
1. 0 05 E ev	10. 16 46 I ek	22. 17 23 C mk
1. 20 28 I ek	10. 17 56 I ák	22. 19 52 C mv
1. 21 31 I ák	10. 19 00 I ev	24. 20 30 I ek
1. 22 42 I ev	10. 20 10 I áv	24. 21 48 I ák
1. 23 45 I áv	11. 16 00 G ák	25. 17 43 I mk
2. 17 43 I mk	11. 17 24 I fv	25. 18 00 E ek
2. 20 45 E fv	11. 18 00 E áv	25. 18 45 G ek
2. 21 01 I fv	11. 19 07 G áv	25. 20 34 E ák
3. 16 00 I ák	14. 21 22 C ák	25. 20 40 E ev
3. 17 10 I ev	14. 22 04 C áv	25. 21 15 I fv
3. 18 14 I áv	16. 20 48 E mk	25. 22 00 G ev
7. 21 11 G mk	16. 21 23 I mk	26. 16 17 I ák
8. 22 18 I ek	17. 18 37 I ek	26. 17 13 I ev
8. 23 27 I ák	17. 19 52 I ák	26. 18 31 I áv
9. 18 18 E mk	17. 20 52 I ev	27. 15 44 I fv
9. 19 32 I mk	17. 22 06 I áv	27. 18 02 E fv
9. 22 56 I fv	18. 15 51 I mk	29. 17 02 G fv
9. 23 24 E fv	18. 17 58 E ák	
	18. 18 09 G ev	
	18. 18 10 E ev	
	18. 19 20 I fv	
	18. 20 03 G ák	
	18. 20 36 E áv	
	19. 16 35 I áv	

(Jelölések az áprilisi táblázatnál)

A holdak fogyatkozási sávjai

I	E
G	C

Jupiter-holdak – december



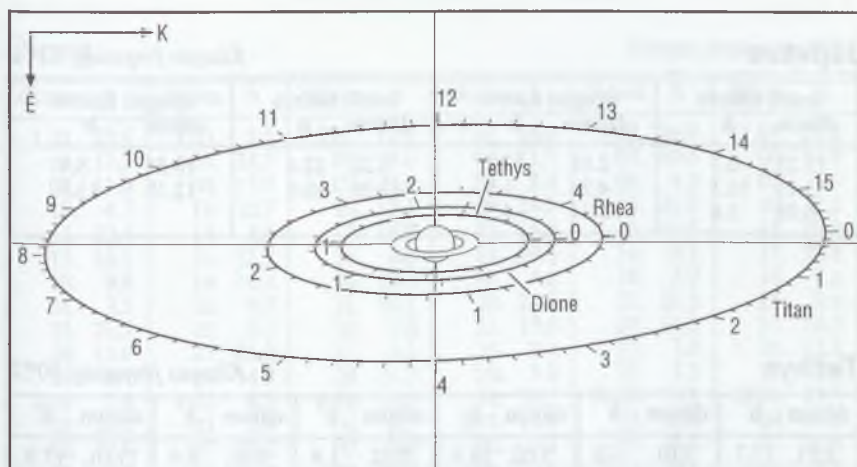
UT hold J d h m	UT hold J d h m	UT hold J d h m
2. 19 36 I mk	10. 18 48 I ek	20. 15 59 I fv
2. 20 32 E ek	10. 20 09 I ák	20. 17 41 E ák
3. 16 53 I ek	10. 21 03 I ev	20. 17 43 E ev
3. 18 13 I ák	11. 16 00 I mk	20. 20 18 E áv
3. 19 07 I ev	11. 17 51 E mk	20. 20 34 G mk
3. 20 26 I áv	11. 19 35 I fv	24. 16 18 G ák
4. 17 39 I fv	11. 20 36 E mv	24. 19 17 G áv
4. 17 57 E mv	11. 20 38 E fk	25. 19 53 I mk
4. 17 59 E fk	12. 15 32 I ev	26. 17 12 I ek
4. 20 41 E fv	12. 16 51 I áv	26. 18 31 I ák
6. 15 43 G mv	13. 16 27 G mk	26. 19 26 I ev
6. 17 59 G fk	13. 17 42 E áv	26. 20 43 I áv
6. 21 04 G fv	13. 19 45 G mv	27. 17 42 E ek
9. 21 31 I mk	17. 20 09 C ek	27. 17 54 I fv
	17. 20 45 I ek	27. 20 18 E ák
	18. 17 56 I mk	27. 20 23 E ev
	18. 20 31 E mk	29. 17 55 E fv
	19. 16 34 I ák	31. 18 17 G ev
	19. 17 29 I ev	31. 20 21 G ák
	19. 18 47 I áv	

(Jelölések az áprilisi táblázatnál)

A holdak fogyatkozási sávjai

I		E	
G		C	

A Szaturnusz-holdak



Az ábrán a legfényesebb Szaturnusz-holdak pályája látható az aktuális évre átlagolt rálátási szögben. A holdak legnagyobb keleti kitérésének helyét 0 jelzi. A pályák mentén leolvasható a kitéréstől eltelt napok száma, a kisebb osztások 4 órának felelnek meg. A táblázatokban a legnagyobb keleti kitérés időpontja szerepel UT-ben. A Titan és a Japetus esetében megadtuk a legnagyobb nyugati kitérés időpontját is. Egy hold helyének meghatározásához a megfigyelés időpontjából vonjuk ki az ezt közvetlenül megelőző keleti kitérés időpontját, és az így kapott időkülönbséget keressük meg az ábrán, a hold pályája mentén felrajzolt időskálán.

Titan

Közepes fényesség: 8^m3

keleti kitérés		nyugati kitérés		keleti kitérés		nyugati kitérés	
dátum	h	dátum	h	dátum	h	dátum	h
12.27	11.2	1.04	13.3	7.07	14.6	7.15	16.1
1.12	10.4	20	12.7	23	14.2	31	15.4
28	10.1	2.05	12.5	8.08	13.3	8.16	14.3
2.13	10.1	21	12.7	24	11.9	9.01	12.7
3.01	10.4	3.09	13.0	9.09	10.1	17	10.7
17	11.0	25	13.6	25	7.9	10.03	8.4
4.02	11.7	4.10	14.2	10.11	5.4	19	5.9
18	12.5	26	14.9	27	2.8	11.04	3.3
5.04	13.2	5.12	15.5	11.12	0.2	20	0.9
20	13.9	28	16.0	27	21.9	12.05	22.7
6.05	14.4	6.13	16.3	12.13	19.9	21	21.0
21	14.7	29	16.4	29	18.3	1.06	19.7

Japetus

Közepes fényesség: 11^m1

keleti kitérés		nyugati kitérés		keleti kitérés		nyugati kitérés	
dátum	h	dátum	h	dátum	h	dátum	h
12.23	0.1	2.01	17.2	8.22	12.4	10.01	8.4
3.13	16.1	4.24	1.9	11.08	18.6	12.18	13.6
6.03	5.6	6.14	4.9				

Tethys

Közepes fényesség: 10^m2

dátum	h	dátum	h	dátum	h	dátum	h	dátum	h	dátum	h
1.01.	17.7	3.01.	6.8	5.02.	14.9	7.02.	1.4	9.02.	8.6	11.01.	17.9
03.	15.0	03.	4.2	04.	12.2	03.	22.7	04.	5.9	03.	15.2
05.	12.3	05.	1.5	06.	9.6	05.	20.0	06.	3.2	05.	12.5
07.	9.7	06.	22.8	08.	6.9	07.	17.4	08.	0.5	07.	9.8
09.	7.0	08.	20.2	10.	4.2	09.	14.7	09.	21.8	09.	7.1
11.	4.3	10.	17.5	12.	1.6	11.	12.0	11.	19.1	11.	4.4
13.	1.6	12.	14.8	13.	22.9	13.	9.3	13.	16.4	13.	1.7
14.	22.9	14.	12.2	15.	20.2	15.	6.6	15.	13.7	14.	22.9
16.	20.3	16.	9.5	17.	17.6	17.	3.9	17.	11.0	16.	20.2
18.	17.6	18.	6.8	19.	14.9	19.	1.3	19.	8.2	18.	17.5
20.	14.9	20.	4.2	21.	12.2	20.	22.6	21.	5.5	20.	14.8
22.	12.2	22.	1.5	23.	9.6	22.	19.9	23.	2.8	22.	12.1
24.	9.6	23.	22.9	25.	6.9	24.	17.2	25.	0.1	24.	9.4
26.	6.9	25.	20.2	27.	4.2	26.	14.5	26.	21.4	26.	6.7
28.	4.2	27.	17.5	29.	1.5	28.	11.8	28.	18.7	28.	4.0
30.	1.5	29.	14.9	30.	22.9	30.	9.1	30.	16.0	30.	1.3
31.	22.9	31.	12.2	6.01.	20.2	8.01.	6.4	10.02.	13.3	12.01.	22.6
2.02.	20.2	4.02.	9.5	03.	17.5	03.	3.7	04.	10.6	03.	19.9
04.	17.5	04.	6.9	05.	14.9	05.	1.1	06.	7.9	05.	17.2
06.	14.9	06.	4.2	07.	12.2	06.	22.4	08.	5.1	07.	14.5
08.	12.2	08.	1.5	09.	9.5	08.	19.7	10.	2.4	09.	11.8
10.	9.5	09.	22.9	11.	6.8	10.	17.0	11.	23.7	11.	9.1
12.	6.8	11.	20.2	13.	4.2	12.	14.3	13.	21.0	13.	6.4
14.	4.2	13.	17.5	15.	1.5	14.	11.6	15.	18.3	15.	3.7
16.	1.5	15.	14.9	16.	22.8	16.	8.9	17.	15.6	17.	1.0
17.	22.8	17.	12.2	18.	20.1	18.	6.2	19.	12.9	18.	22.3
19.	20.2	19.	9.6	20.	17.5	20.	3.5	21.	10.2	20.	19.6
21.	17.5	21.	6.9	22.	14.8	22.	0.8	23.	7.5	22.	16.9
23.	14.8	23.	4.2	24.	12.1	23.	22.1	25.	4.7	24.	14.3
25.	12.2	25.	1.6	26.	9.4	25.	19.4	27.	2.0	26.	11.6
27.	9.5	26.	22.9	28.	6.8	27.	16.7	28.	23.3	28.	8.9
28.	20.2			30.	4.1	29.	14.0	30.	20.6	30.	6.2
30.	17.6			31.	11.3						

Dione

Közepes fényesség: 10^m4

dátum h	dátum h	dátum h	dátum h	dátum h	dátum h
1.01. 23.6	3.03. 5.5	5.02. 11.9	7.01. 18.0	9.02. 16.9	11.01. 21.2
04. 17.3	05. 23.3	05. 5.6	04. 11.7	05. 10.6	04. 14.9
07. 11.0	08. 17.0	07. 23.4	07. 5.4	08. 4.2	07. 8.5
10. 4.7	11. 10.7	10. 17.1	09. 23.1	10. 21.9	10. 2.2
12. 22.4	14. 4.5	13. 10.9	12. 16.8	13. 15.5	12. 19.8
15. 16.1	16. 22.2	16. 4.6	15. 10.5	16. 9.2	15. 13.5
18. 9.8	19. 16.0	18. 22.3	18. 4.2	19. 2.9	18. 7.2
21. 3.5	22. 9.7	21. 16.1	20. 21.9	21. 20.5	21. 0.8
23. 21.3	25. 3.5	24. 9.8	23. 15.6	24. 14.2	23. 18.5
26. 15.0	27. 21.2	27. 3.5	26. 9.3	27. 7.8	26. 12.1
29. 8.7	30. 14.9	29. 21.3	29. 3.0	30. 1.5	29. 5.8
2.01. 2.4	4.02. 8.7	6.01. 15.0	31. 20.7	10.02. 19.1	12.01. 23.5
03. 20.2	05. 2.4	04. 8.7	8.03. 14.4	05. 12.8	04. 17.1
06. 13.9	07. 20.2	07. 2.5	06. 8.1	08. 6.4	07. 10.8
09. 7.6	10. 13.9	09. 20.2	09. 1.8	11. 0.1	10. 4.5
12. 1.4	13. 7.7	12. 13.9	11. 19.5	13. 17.7	12. 22.1
14. 19.1	16. 1.4	15. 7.7	14. 13.2	16. 11.4	15. 15.8
17. 12.8	18. 19.2	18. 1.4	17. 6.9	19. 5.0	18. 9.5
20. 6.6	21. 12.9	20. 19.1	20. 0.5	21. 22.6	21. 3.2
23. 0.3	24. 6.7	23. 12.8	22. 18.2	24. 16.3	23. 20.9
25. 18.0	27. 0.4	26. 6.5	25. 11.9	27. 9.9	26. 14.6
28. 11.8	29. 18.1	29. 0.3	28. 5.6	30. 3.6	29. 8.2
			30. 23.2		

Rhea

Közepes fényesség: 9^m7

dátum h	dátum h	dátum h	dátum h	dátum h	dátum h
1.03. 5.6	3.03. 0.4	5.05. 8.5	7.03. 3.6	9.04. 9.8	11.02. 2.1
07. 18.1	07. 13.0	09. 21.1	07. 16.1	08. 22.1	06. 14.4
12. 6.6	12. 1.5	14. 9.7	12. 4.6	13. 10.5	11. 2.7
16. 19.1	16. 14.1	18. 22.2	16. 17.1	17. 22.8	15. 15.0
21. 7.6	21. 2.7	23. 10.8	21. 5.6	22. 11.2	20. 3.4
25. 20.1	25. 15.3	27. 23.4	25. 18.1	26. 23.5	24. 15.7
30. 8.6	30. 3.9	6.01. 11.9	30. 6.5	10.01. 11.8	29. 4.1
2.03. 21.1	4.03. 16.4	06. 0.5	8.03. 19.0	06. 0.2	12.03. 16.4
08. 9.6	08. 5.0	10. 13.0	08. 7.4	10. 12.5	08. 4.8
12. 22.2	12. 17.6	15. 1.5	12. 19.8	15. 0.8	12. 17.2
17. 10.7	17. 6.2	19. 14.1	17. 8.2	19. 13.1	17. 5.6
21. 23.3	21. 18.8	24. 2.6	21. 20.6	24. 1.4	21. 18.0
26. 11.8	26. 7.4	28. 15.1	26. 9.0	28. 13.7	26. 6.4
	30. 19.9		30. 21.4		30. 18.8

Kisbolygók

1 Ceres

szembenállás: 11.28.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
8.05.	4 05.5	+14 31	9.0	9.24.	4 48.0	+16 20	8.4	11.13.	4 36.6	+17 07	7.4
10.	4 11.2	+14 48	9.0	29.	4 49.7	+16 26	8.4	18.	4 32.2	+17 12	7.2
15.	4 16.7	+15 03	8.9	10.04.	4 50.9	+16 31	8.3	23.	4 27.4	+17 18	7.1
20.	4 21.9	+15 17	8.9	09.	4 51.5	+16 36	8.2	28.	4 22.4	+17 24	7.0
25.	4 26.9	+15 29	8.8	14.	4 51.4	+16 40	8.1	12.03.	4 17.3	+17 30	7.0
30.	4 31.4	+15 40	8.8	19.	4 50.6	+16 45	8.0	08.	4 12.4	+17 37	7.2
9.04.	4 35.6	+15 50	8.7	24.	4 49.1	+16 49	7.9	13.	4 07.6	+17 44	7.3
09.	4 39.4	+15 59	8.7	29.	4 46.9	+16 54	7.7	18.	4 03.2	+17 53	7.4
14.	4 42.8	+16 07	8.6	11.03.	4 44.1	+16 58	7.6	23.	3 59.3	+18 03	7.5
19.	4 45.6	+16 14	8.5	08.	4 40.6	+17 03	7.5	28.	3 56.0	+18 14	7.6

2 Pallas

szembenállás: 9.16.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
7.01.	23 52.3	+7 42	10.0	9.04.	23 43.6	+0 09	8.7	11.08.	23 09.7	-12 26	9.3
06.	23 54.3	+7 36	9.9	09.	23 40.1	-0 59	8.5	13.	23 10.1	-12 53	9.4
11.	23 55.9	+7 26	9.8	14.	23 36.4	-2 09	8.3	18.	23 11.0	-13 14	9.5
16.	23 57.1	+7 11	9.8	19.	23 32.6	-3 19	8.3	23.	23 12.5	-13 30	9.5
21.	23 57.9	+6 53	9.7	24.	23 28.9	-4 30	8.5	28.	23 14.5	-13 42	9.6
26.	23 58.2	+6 29	9.6	29.	23 25.2	-5 39	8.6	12.03.	23 17.0	-13 49	9.7
31.	23 58.0	+6 00	9.5	10.04.	23 21.8	-6 46	8.7	08.	23 19.9	-13 52	9.7
8.05.	23 57.3	+5 26	9.4	09.	23 18.7	-7 50	8.8	13.	23 23.3	-13 52	9.7
10.	23 56.2	+4 46	9.3	14.	23 15.9	-8 49	8.9	18.	23 27.1	-13 47	9.8
15.	23 54.5	+4 00	9.2	19.	23 13.6	-9 43	9.0	23.	23 31.2	-13 40	9.8
20.	23 52.4	+3 10	9.0	24.	23 11.8	-10 32	9.1	28.	23 35.7	-13 29	9.8
25.	23 49.8	+2 14	8.9	29.	23 10.6	-11 16	9.2				
30.	23 46.9	+1 13	8.8	11.03.	23 09.8	-11 54	9.3				

3 Juno

szembenállás: 3.19.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
1.02.	12 15.4	-3 33	10.2	2.16.	12 20.5	-1 21	9.6	4.02.	11 48.9	+5 16	9.4
07.	12 18.4	-3 37	10.1	21.	12 18.2	-0 43	9.5	07.	11 45.5	+5 55	9.6
12.	12 20.6	-3 36	10.1	26.	12 15.3	-0 02	9.5	12.	11 42.6	+6 29	9.7
17.	12 22.4	-3 31	10.0	3.03.	12 12.0	+0 43	9.4	17.	11 40.0	+6 59	9.8
22.	12 23.6	-3 21	10.0	08.	12 08.4	+1 29	9.3	22.	11 38.0	+7 24	9.9
27.	12 24.2	-3 07	9.9	13.	12 04.5	+2 16	9.2	27.	11 36.4	+7 44	10.0
2.01.	12 24.2	-2 47	9.8	18.	12 00.5	+3 04	9.1	5.02.	11 35.4	+8 00	10.1
06.	12 23.6	-2 23	9.8	23.	11 56.5	+3 50	9.2	07.	11 35.0	+8 11	10.2
11.	12 22.4	-1 54	9.7	28.	11 52.6	+4 35	9.3	12.	11 35.1	+8 17	10.3

szembenállás: 1997.10.17.

1999.02.04.

4 Vesta

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m
1.02.	1 23.4	+0 58	7.8	1.22.	1 39.3	+3 43	8.1	2.11.	2 01.0	+6 43	8.3
07.	1 26.7	+1 37	7.9	27.	1 44.2	+4 27	8.1	16.	2 07.2	+7 29	8.3
12.	1 30.5	+2 18	7.9	2.01.	1 49.5	+5 12	8.2	21.	2 13.6	+8 15	8.3
17.	1 34.7	+3 00	8.0	06.	1 55.1	+5 57	8.2	26.	2 20.2	+9 01	8.4
10.04.	8 34.5	+18 53	8.3	11.03.	9 13.2	+17 15	8.0	12.03.	9 38.4	+16 39	7.5
09.	8 41.6	+18 35	8.2	08.	9 18.5	+17 02	7.9	08.	9 40.8	+16 44	7.4
14.	8 48.5	+18 17	8.2	13.	9 23.4	+16 52	7.9	13.	9 42.5	+16 53	7.3
19.	8 55.1	+18 00	8.2	18.	9 27.9	+16 45	7.8	18.	9 43.6	+17 06	7.2
24.	9 01.5	+17 44	8.1	23.	9 31.9	+16 39	7.7	23.	9 43.9	+17 23	7.1
29.	9 07.5	+17 28	8.1	28.	9 35.4	+16 37	7.6	28.	9 43.6	+17 45	7.0

5 Astraea

szembenállás: 11.24.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m
11.08.	4 23.1	+12 39	10.2	11.23.	4 09.6	+11 51	9.8	12.08.	3 54.9	+11 21	10.0
13.	4 19.0	+12 22	10.1	28.	4 04.7	+11 39	9.8	13.	3 50.5	+11 18	10.1
18.	4 14.5	+12 06	9.9	12.03.	3 59.7	+11 28	9.9	18.	3 46.6	+11 17	10.2

6 Hebe

szembenállás: 6.04.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m
5.02.	17 24.1	-2 34	10.0	6.01.	17 02.6	-0 58	9.4	7.01.	16 35.1	-2 06	9.6
07.	17 21.8	-2 10	9.9	06.	16 57.7	-0 56	9.4	06.	16 31.7	-2 34	9.7
12.	17 19.0	-1 49	9.8	11.	16 52.8	-1 00	9.4	11.	16 29.0	-3 06	9.8
17.	17 15.5	-1 30	9.7	16.	16 48.0	-1 09	9.4	16.	16 26.8	-3 41	9.8
22.	17 11.6	-1 15	9.6	21.	16 43.3	-1 23	9.5	21.	16 25.4	-4 19	9.9
27.	17 07.2	-1 04	9.5	26.	16 39.0	-1 42	9.5	26.	16 24.6	-4 59	10.0

7 Iris

szembenállás: 7.10.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m
5.22.	19 49.3	-18 45	10.0	7.06.	19 23.0	-17 46	8.7	8.20.	18 44.5	-17 52	9.4
27.	19 49.0	-18 33	9.9	11.	19 17.6	-17 45	8.6	25.	18 43.2	-17 53	9.5
6.01.	19 48.0	-18 22	9.7	16.	19 12.2	-17 45	8.7	30.	18 42.8	-17 54	9.6
06.	19 46.3	-18 13	9.6	21.	19 06.9	-17 45	8.8	9.04.	18 43.1	-17 55	9.6
11.	19 43.9	-18 05	9.5	26.	19 01.8	-17 46	8.9	09.	18 44.2	-17 56	9.7
16.	19 40.9	-17 59	9.3	31.	18 57.1	-17 47	9.0	14.	18 46.1	-17 56	9.8
21.	19 37.2	-17 54	9.2	8.05.	18 53.0	-17 48	9.1	19.	18 48.7	-17 56	9.8
26.	19 32.9	-17 50	9.0	10.	18 49.4	-17 49	9.2	24.	18 52.0	-17 54	9.9
7.01.	19 28.1	-17 48	8.9	15.	18 46.6	-17 50	9.3	29.	18 55.9	-17 52	10.0

9 Metis

szembenállás: 1997.11.16.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m
1.02.	3 01.7	+17 20	9.6	1.17.	3 07.6	+18 26	9.9	2.01.	3 20.3	+19 49	10.2
07.	3 02.8	+17 39	9.7	22.	3 11.1	+18 52	10.0	06.	3 25.9	+20 19	10.3
12.	3 04.8	+18 02	9.8	27.	3 15.4	+19 20	10.1				

15 Eunomia

szembenállás: 11.10.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m
8.05.	2 23.9	+28 08	9.5	9.24.	3 05.2	+36 00	8.7	11.13.	2 33.6	+35 28	7.9
10.	2 30.4	+29 06	9.4	29.	3 05.3	+36 28	8.6	18.	2 29.3	+34 44	8.0
15.	2 36.5	+30 01	9.4	10.04.	3 04.5	+36 52	8.5	23.	2 25.4	+33 55	8.0
20.	2 42.7	+30 55	9.3	09.	3 02.8	+37 09	8.4	28.	2 22.3	+33 04	8.1
25.	2 47.4	+31 47	9.2	14.	3 00.2	+37 19	8.3	12.03.	2 20.0	+32 11	8.2
30.	2 52.1	+32 36	9.1	19.	2 56.8	+37 22	8.2	08.	2 18.6	+31 20	8.3
9.04.	2 56.2	+33 23	9.0	24.	2 52.7	+37 16	8.1	13.	2 18.1	+30 30	8.5
09.	2 59.6	+34 07	9.0	29.	2 48.1	+37 01	8.0	18.	2 18.5	+29 43	8.6
14.	3 02.3	+34 49	8.9	11.03.	2 43.3	+36 38	7.9	23.	2 19.7	+29 00	8.7
19.	3 04.2	+35 26	8.8	08.	2 38.4	+36 07	7.9	28.	2 21.8	+28 21	8.8

18 Melpomene

szembenállás: 6.13.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m
5.17.	17 52.9	-8 00	10.2	6.16.	17 26.7	-7 07	9.6	7.16.	17 00.1	-8 37	10.0
22.	17 49.7	-7 43	10.1	21.	17 21.5	-7 12	9.7	21.	16 57.5	-9 04	10.1
27.	17 46.0	-7 29	9.9	26.	17 16.4	-7 21	9.7	26.	16 55.8	-9 34	10.1
6.01.	17 41.7	-7 18	9.8	7.01.	17 11.5	-7 34	9.8	31.	16 54.8	-10 06	10.2
06.	17 37.0	-7 10	9.7	06.	17 07.1	-7 52	9.8				
11.	17 31.9	-7 07	9.7	11.	17 03.3	-8 13	9.9				

20 Massalia

szembenállás: 10.25.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m
9.09.	2 26.0	+14 37	10.2	10.19.	2 07.3	+12 48	9.1	11.28.	1 36.1	+9 40	9.7
14.	2 26.1	+14 36	10.1	24.	2 02.6	+12 21	8.9	12.03.	1 34.7	+9 31	9.8
19.	2 25.5	+14 32	10.0	29.	1 57.8	+11 53	8.9	08.	1 34.2	+9 27	9.9
24.	2 24.2	+14 23	9.8	11.03.	1 53.1	+11 25	9.1	13.	1 34.6	+9 28	10.0
29.	2 22.1	+14 11	9.7	08.	1 48.6	+10 58	9.2	18.	1 35.7	+9 33	10.1
10.04.	2 19.3	+13 55	9.6	13.	1 44.5	+10 33	9.3	23.	1 37.5	+9 43	10.1
09.	2 15.8	+13 36	9.4	18.	1 41.0	+10 12	9.4	28.	1 40.1	+9 58	10.2
14.	2 11.8	+13 13	9.3	23.	1 38.2	+9 54	9.5				

23 Thalia

szembenállás: 1997.12.09.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
1.02. 07.	4 41.3 4 37.9	+27 56 +28 12	9.7 9.9	1.12. 17.	4 35.4 4 33.9	+28 28 +28 42	10.0 10.1	1.22. 27.	4 33.5 4 34.1	+28 57 +29 11	10.2 10.3

27 Euterpe

szembenállás: 1997.12.19.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
1.02. 07. 12. 17.	5 35.0 5 30.9 5 27.6 5 25.2	+23 12 +23 16 +23 20 +23 24	9.0 9.2 9.3 9.5	1.22. 27. 2.01. 06.	5 23.8 5 23.5 5 24.2 5 25.8	+23 28 +23 33 +23 38 +23 44	9.6 9.7 9.9 10.0	2.11. 16.	5 28.5 5 32.0	+23 49 +23 55	10.1 10.3

29 Amphitrite

szembenállás: 7.31.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
7.01. 06. 11. 16. 21.	21 15.8 21 13.1 21 09.8 21 05.9 21 01.5	-23 53 -24 08 -24 24 -24 40 -24 56	9.9 9.8 9.7 9.5 9.4	7.26. 31. 8.05. 10. 15.	20 56.7 20 51.7 20 46.6 20 41.6 20 36.8	-25 11 -25 23 -25 34 -25 42 -25 46	9.3 9.2 9.3 9.4 9.5	8.20. 25. 30. 9.04.	20 32.3 20 28.3 20 24.9 20 22.2	-25 47 -25 45 -25 40 -25 32	9.6 9.7 9.8 9.9

39 Laetitia

szembenállás: 1997.12.25.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
1.02. 07.	6 09.9 6 05.6	+9 17 +9 34	10.0 10.1	1.12. 17.	6 01.6 5 58.1	+9 54 +10 16	10.2 10.3	1.22.	5 55.1	+10 39	10.4

43 Ariadne

szembenállás: 7.21.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	m
6.16. 21. 26. 7.01. 06.	20 23.3 20 22.2 20 20.2 20 17.3 20 13.7	-17 09 -16 53 -16 41 -16 31 -16 23	10.2 10.0 9.9 9.7 9.6	7.11. 16. 21. 26. 31.	20 09.5 20 04.9 20 00.0 19 55.2 19 50.7	-16 19 -16 16 -16 15 -16 16 -16 18	9.4 9.3 9.1 9.3 9.4	8.05. 10. 15. 20. 25.	19 46.6 19 43.3 19 40.6 19 38.9 19 38.1	-16 20 -16 23 -16 26 -16 28 -16 30	9.6 9.8 10.0 10.1 10.3

44 Nysa

szembenállás: 10.15.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m
9.24.	1 47.3	+5 13	10.2	10.14.	1 31.5	+3 09	9.8	11.03.	1 13.7	+1 20	10.0
29.	1 44.0	+4 44	10.1	19.	1 26.8	+2 38	9.8	08.	1 10.1	+1 03	10.1
10.04.	1 40.2	+4 13	10.0	24.	1 22.2	+2 09	9.9	13.	1 07.0	+0 50	10.2
09.	1 36.0	+3 41	9.9	29.	1 17.8	+1 43	10.0	18.	1 04.6	+0 42	10.3

1036 Ganymed

szembenállás: 11.14.

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m	dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ' "	m
8.05.	0 55.0	+56 33	10.8	9.14.	3 36.1	+47 35	10.2	10.24.	4 02.1	+13 54	9.5
10.	1 19.1	+56 58	10.7	19.	3 46.9	+44 32	10.1	29.	3 58.2	+9 19	9.5
15.	1 43.1	+56 56	10.7	24.	3 55.3	+41 03	10.0	11.03.	3 53.6	+5 05	9.5
20.	2 06.4	+56 29	10.6	29.	4 01.3	+37 11	9.9	08.	3 48.8	+1 21	9.6
25.	2 28.4	+55 34	10.5	10.04.	4 05.1	+32 56	9.7	13.	3 44.0	-1 51	9.8
30.	2 48.7	+54 13	10.5	09.	4 06.9	+28 22	9.6	18.	3 39.4	-4 30	10.0
9.04.	3 06.9	+52 26	10.4	14.	4 06.8	+23 36	9.6	23.	3 35.4	-6 36	10.3
09.	3 22.7	+50 13	10.3	19.	4 05.1	+18 43	9.5	28.	3 32.0	-8 13	10.5



Az 1996 JA1 jelű földszűrő kisbolygó 1996.05.19-én, 12^h 14^m 45^s UT-kor. A 20×15'-es területet ábrázoló, 30 s expozíciós idejű képet Takuo Kojima (Chiyoda, Japán) készítette egy 25 cm-es reflektorral, ST6-os CCD-vel. A 200 m átmérőjű égítést 16^h 34^m UT-kor mindössze 453 000 km-re száguldott el mellettünk.

Üstökösök

C/1997 D1 (Mueller)

szembenállás: 1997.12.09.
földközelen: 1997.12.03. 1.414 AU

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r AU	Δ AU	E °	m
01.02.	3 34.64	-12 27.3	2.434	1.781	121	11.6
07.	3 21.50	-12 57.4	2.456	1.893	114	11.8
12.	3 10.48	-13 16.3	2.479	2.011	107	12.0
17.	3 01.35	-13 26.5	2.503	2.134	100	12.1
22.	2 53.89	-13 30.1	2.528	2.260	94	12.3
27.	2 47.87	-13 28.9	2.554	2.387	88	12.5
02.01.	2 43.11	-13 24.3	2.581	2.515	83	12.6
06.	2 39.42	-13 17.3	2.609	2.641	77	12.8
11.	2 36.65	-13 08.8	2.637	2.765	72	12.9

43P/Wolf-Harrington

szembenállás: 02.13.
földközelen: 01.25. 1.141 AU

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r AU	Δ AU	E °	m
01.02.	10 15.37	-16 26.3	1.836	1.177	116	12.3
07.	10 14.78	-17 46.7	1.860	1.164	120	12.4
12.	10 13.27	-18 57.7	1.885	1.153	124	12.4
17.	10 10.89	-19 58.4	1.910	1.146	127	12.5
22.	10 07.72	-20 47.7	1.936	1.142	131	12.6
27.	10 03.86	-21 24.8	1.963	1.141	135	12.7
02.01.	9 59.48	-21 48.9	1.990	1.144	138	12.8
06.	9 54.75	-22 00.0	2.017	1.152	141	12.9

55P/Tempel-Tuttle

szembenállás: 01.16.
földközelen: 01.17. 0.356 AU

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r AU	Δ AU	E °	m
01.02.	12 35.92	+33 31.7	1.337	0.685	105	12.2
07.	12 29.49	+44 01.3	1.286	0.532	113	11.3
12.	12 06.17	+61 38.5	1.238	0.411	119	10.3
17.	7 01.8	+83 00.5	1.191	0.356	118	9.6
22.	1 52.73	+60 43.6	1.148	0.396	104	9.5
27.	1 28.68	+41 36.9	1.109	0.506	90	9.6
02.01.	1 21.26	+30 06.9	1.073	0.650	79	9.8
06.	1 17.95	+22 58.0	1.042	0.806	70	10.0
11.	1 16.16	+18 11.2	1.016	0.964	63	10.1
16.	1 15.03	+14 45.8	0.997	1.121	56	10.2
21.	1 14.23	+12 10.4	0.984	1.272	50	10.3
26.	1 13.60	+10 07.3	0.977	1.415	44	10.5
03.03.	1 13.07	+08 26.0	0.978	1.549	38	10.7
08.	1 12.60	+07 00.1	0.985	1.672	32	11.0
13.	1 12.17	+05 45.5	1.000	1.783	27	11.3

103P/Hartley 2

szembenállás: 1997.07.13.
földközelen: 01.08. 0.818 AU

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r AU	Δ AU	E °	m
01.02.	23 34.78	−07 17.9	1.044	0.822	70	7.9
07.	0 00.48	−06 29.2	1.056	0.818	71	7.9
12.	0 26.54	−05 33.2	1.074	0.820	72	8.0
17.	0 52.71	−04 31.1	1.095	0.826	74	8.2
22.	1 18.73	−03 24.0	1.120	0.839	75	8.4
27.	1 44.36	−02 13.6	1.148	0.857	77	8.6
02.01.	2 09.40	−01 01.5	1.180	0.881	78	8.8
06.	2 33.68	+00 10.4	1.214	0.911	79	9.1
11.	2 57.06	+01 20.7	1.250	0.947	81	9.3
16.	3 19.47	+02 27.9	1.288	0.989	81	9.6
21.	3 40.88	+03 31.2	1.327	1.036	82	9.9
26.	4 01.29	+04 29.8	1.368	1.088	82	10.2
03.03.	4 20.74	+05 23.3	1.411	1.145	82	10.5
08.	4 39.26	+06 11.3	1.454	1.206	82	10.8
13.	4 56.90	+06 53.8	1.497	1.271	82	11.1
18.	5 13.72	+07 30.8	1.542	1.339	81	11.5
23.	5 29.79	+08 02.4	1.587	1.412	80	11.8
28.	5 45.16	+08 29.0	1.632	1.487	79	12.0
04.02.	5 59.89	+08 50.6	1.677	1.565	78	12.3
07.	6 14.04	+09 07.5	1.722	1.645	77	12.6

C/1997 J2 (Meunier–Dupouy)

szembenállás: 08.15.
földközelen: 08.15. 2.491 AU

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r AU	Δ AU	E °	m
01.02.	19 24.77	+40 31.2	3.115	3.418	64	11.1
12.	19 46.72	+38 39.0	3.096	3.461	61	11.1
22.	20 07.22	+37 00.6	3.080	3.506	57	11.1
02.01.	20 26.32	+35 36.4	3.067	3.552	54	11.1
11.	20 44.07	+34 26.2	3.057	3.592	51	11.2
21.	21 00.52	+33 29.0	3.050	3.626	48	11.2
03.03.	21 15.70	+32 43.5	3.046	3.648	47	11.2
13.	21 29.62	+32 08.3	3.046	3.658	46	11.2
23.	21 42.29	+31 41.5	3.049	3.653	46	11.2
04.02.	21 53.69	+31 21.4	3.055	3.631	48	11.2
12.	22 03.76	+31 06.1	3.064	3.593	51	11.2
22.	22 12.45	+30 53.4	3.076	3.538	55	11.1
05.02.	22 19.66	+30 41.1	3.091	3.466	60	11.1
12.	22 25.24	+30 26.7	3.110	3.379	66	11.1
22.	22 29.07	+30 07.2	3.131	3.278	73	11.1
06.01.	22 30.97	+29 39.3	3.155	3.166	80	11.0
11.	22 30.78	+28 58.7	3.182	3.048	88	11.0
21.	22 28.37	+28 00.7	3.211	2.926	97	10.9
07.01.	22 23.65	+26 39.9	3.243	2.806	106	10.9
11.	22 16.69	+24 50.7	3.278	2.696	116	10.8

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r AU	Δ AU	E °	m
07.21.	22 07.73	+22 28.6	3.315	2.603	127	10.8
31.	21 57.22	+19 31.2	3.354	2.533	137	10.8
08.10.	21 45.86	+16 00.8	3.395	2.496	147	10.8
20.	21 34.45	+12 04.9	3.439	2.496	154	10.9
30.	21 23.80	+07 55.3	3.484	2.538	155	11.0
09.09.	21 14.59	+03 46.4	3.531	2.623	150	11.1
19.	21 07.29	−00 09.3	3.580	2.746	140	11.2
29.	21 02.14	−03 43.1	3.630	2.904	130	11.4
10.09.	20 59.17	−06 50.4	3.682	3.090	119	11.6
19.	20 58.26	−09 30.4	3.736	3.296	109	11.8
29.	20 59.25	−11 44.5	3.790	3.515	99	12.0
11.08.	21 01.89	−13 35.4	3.846	3.742	89	12.2
18.	21 05.96	−15 06.2	3.904	3.970	79	12.4

21P/Giacobini–Zinner

szembenállás: 06.09.
földközelen: 11.27. 0.850 AU

dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° '	r AU	Δ AU	E °	m
08.10.	16 18.26	+24 48.7	1.703	1.260	96	13.0
15.	16 19.27	+23 45.5	1.657	1.250	94	12.8
20.	16 21.34	+22 36.7	1.612	1.239	91	12.6
25.	16 24.48	+21 22.6	1.567	1.227	88	12.4
30.	16 28.69	+20 03.7	1.522	1.213	86	12.2
09.04.	16 33.94	+18 40.4	1.478	1.197	84	11.9
09.	16 40.25	+17 12.6	1.434	1.180	82	11.7
14.	16 47.61	+15 40.4	1.391	1.160	80	11.5
19.	16 56.05	+14 03.5	1.349	1.139	78	11.2
24.	17 05.60	+12 21.7	1.309	1.116	76	11.0
29.	17 16.26	+10 34.8	1.270	1.091	75	10.7
10.04.	17 28.09	+08 42.5	1.233	1.065	73	10.5
09.	17 41.11	+06 44.2	1.197	1.038	72	10.3
14.	17 55.38	+04 39.6	1.165	1.011	71	10.0
19.	18 10.96	+02 28.3	1.135	0.983	70	9.8
24.	18 27.91	+00 10.5	1.108	0.956	69	9.6
29.	18 46.28	−02 13.5	1.085	0.931	69	9.4
11.03.	19 06.09	−04 42.8	1.066	0.908	68	9.2
08.	19 27.37	−07 15.9	1.051	0.887	68	9.1
13.	19 50.11	−09 50.3	1.040	0.871	68	9.0
18.	20 14.24	−12 22.7	1.035	0.859	68	8.9
23.	20 39.64	−14 49.1	1.034	0.852	68	8.9
28.	21 06.11	−17 04.9	1.038	0.850	68	8.9
12.03.	21 33.37	−19 05.9	1.047	0.854	69	9.0
08.	22 01.09	−20 48.4	1.060	0.865	70	9.1
13.	22 28.89	−22 09.6	1.078	0.881	70	9.2
18.	22 56.42	−23 08.2	1.100	0.903	71	9.4
23.	23 23.34	−23 44.3	1.126	0.930	72	9.6
28.	23 49.38	−23 59.1	1.155	0.962	73	9.9

88P/Howell

szembenállás: 04.18.
földközben: 05.14. 1.065 AU

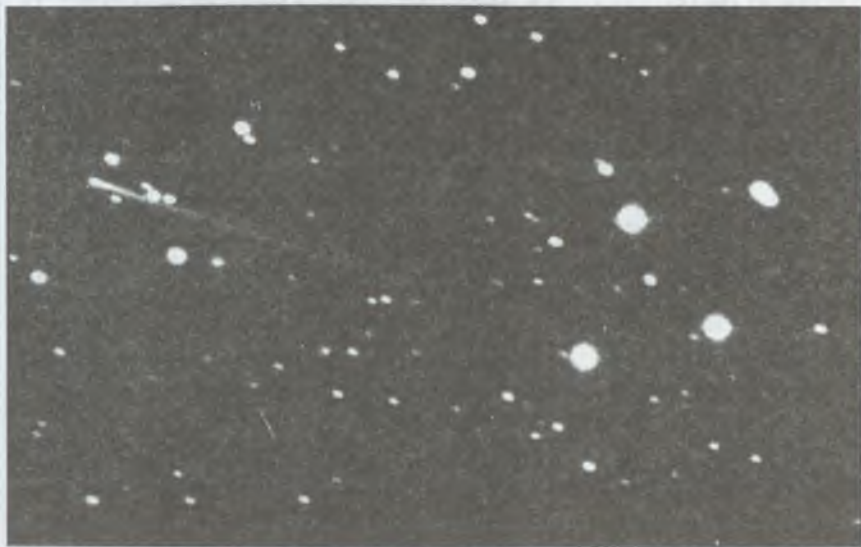
dátum 0 ^h UT	RA h m	D ° ′	r AU	Δ AU	E °	m
05.17.	13 02.09	−03 17.0	1.949	1.066	140	12.9
22.	12 59.10	−03 18.7	1.918	1.070	134	12.8
27.	12 56.99	−03 26.3	1.887	1.078	129	12.7
06.01.	12 55.84	−03 40.0	1.856	1.089	124	12.6
06.	12 55.67	−03 59.9	1.826	1.101	119	12.4
11.	12 56.47	−04 25.7	1.796	1.116	115	12.3
16.	12 58.25	−04 57.2	1.766	1.131	111	12.2
21.	13 00.98	−05 34.2	1.738	1.147	107	12.1
26.	13 04.64	−06 16.4	1.709	1.164	103	12.0
07.01.	13 09.21	−07 03.4	1.682	1.181	100	11.9
06.	13 14.65	−07 55.0	1.655	1.197	96	11.8
11.	13 20.93	−08 50.7	1.629	1.213	94	11.7
16.	13 28.02	−09 50.0	1.605	1.229	91	11.6
21.	13 35.90	−10 52.7	1.581	1.245	88	11.5
26.	13 44.57	−11 58.3	1.558	1.260	86	11.4
31.	13 54.00	−13 06.3	1.537	1.274	84	11.3
08.05.	14 04.17	−14 16.2	1.516	1.289	81	11.2
10.	14 15.09	−15 27.4	1.498	1.302	80	11.1
15.	14 26.73	−16 39.3	1.480	1.316	78	11.0
20.	14 39.11	−17 51.2	1.465	1.329	76	10.9
25.	14 52.22	−19 02.4	1.451	1.342	75	10.9
30.	15 06.05	−20 12.1	1.439	1.356	73	10.8
09.04.	15 20.59	−21 19.5	1.428	1.369	72	10.8
09.	15 35.81	−22 23.7	1.420	1.384	71	10.7
14.	15 51.69	−23 23.7	1.413	1.399	70	10.7
19.	16 08.21	−24 18.6	1.409	1.415	69	10.7
24.	16 25.32	−25 07.6	1.407	1.433	68	10.7
29.	16 42.96	−25 49.7	1.406	1.452	67	10.8
10.04.	17 01.06	−26 24.2	1.408	1.472	66	10.8
09.	17 19.53	−26 50.5	1.412	1.495	66	10.9
14.	17 38.28	−27 07.8	1.418	1.519	65	10.9
19.	17 57.21	−27 16.0	1.425	1.546	64	11.0
24.	18 16.22	−27 14.9	1.435	1.574	63	11.1
29.	18 35.21	−27 04.4	1.447	1.606	63	11.2
11.03.	18 54.07	−26 44.8	1.460	1.639	62	11.4
08.	19 12.70	−26 16.4	1.475	1.675	61	11.5
13.	19 31.03	−25 39.8	1.492	1.714	60	11.6
18.	19 48.99	−24 55.6	1.510	1.755	59	11.8
23.	20 06.54	−24 04.5	1.530	1.799	58	12.0
28.	20 23.63	−23 07.2	1.551	1.845	57	12.1
12.03.	20 40.24	−22 04.6	1.574	1.893	56	12.3
08.	20 56.34	−20 57.4	1.597	1.944	55	12.5
13.	21 11.95	−19 46.4	1.622	1.996	54	12.7
18.	21 27.07	−18 32.3	1.647	2.050	53	12.9

1996 üstökösei

jelölés	felfedező	a felfedezés			m
		helye	dátuma	műszere	
P/1996 A1 (Jedicke)	V. Jedicke	Kitt Peak	01.14.	Sw	17.0
C/1996 B1 (Szczepanski)	R. Jedicke	Houston	01.27.	0.30 L	10.5
	E. Szczepanski	Kawachi	01.27.	0.12 T	11.5
C/1996 B2 (Hyakutake)	T. Osawa	Hayato	01.30.	0.15 B	11.0
C/1996 B3 (SOHO)	Y. Hyakutake	SOHO	01.27.		>8
C/1996 D1 (SOHO)	SOHO Team	SOHO	02.18.		5
C/1996 E1 (NEAT)	B. McCarty	SOHO	03.15.	0.99 T	16.2
P/1996 F1 (Spacewatch)	NEAT Team	Haleakala			
	J. Scotti	Kitt Peak	03.21.	Sw	17.6
C/1996 F2 (SOHO)	J. Montani	SOHO	03.23.		3.5
C/1996 H1 (SOHO)	D. Biesecker	SOHO	04.29.		5
C/1996 J1 (Evans— Drinkwater)	B. McCarty				
C/1996 N1 (Brewington)	D. Biesecker				
P/1996 N2 (Elst—Pizarro)	M. Evans	Siding Spring	05.10.	1.22 S	16
	H. Brewington	Cloudcroft	07.04.	0.20 T	10
	E. Elst	La Silla	07.14.	1.02 S	18.3
P/1996 P1 (IRAS)	G. Pizarro	Siding Spring	08.08.	1.22 S	13
C/1996 P2 (Russell— Watson)	R. McNaught				
C/1996 Q1 (Tabur)	K. Russell	Siding Spring	08.10.	1.22 S	13
C/1996 Q2 (SOHO)	F. Watson	Wanniassa	08.19.	0.20 T	10
C/1996 Q3 (SOHO)	V. Tabur	SOHO	08.20.		>7
C/1996 R1 (Hergenrother— Spahr)	S. Stezelberger	SOHO	08.30.		>7
P/1996 R2 (Lagerkvist)	D. Biesecker	Mt. Bigelow	09.07.	0.41 S	14
C/1996 R3 (Lagerkvist)	C. Hergenrother	La Silla	09.10.	1.02 S	17
P/1996 S1 (Holt—Olmstead)	T. Spahr	La Silla	09.13.	1.02 S	19.5
P/1996 S2 (Shoemaker— Holt 1)	C.-I. Lagerkvist	Kitt Peak	09.19.	Sw	20.2
C/1996 S3 (SOHO)	J. Scotti	Kitt Peak	09.19.	Sw	20.7
P/1996 U1 (Shoemaker— Levy 3)	D. Biesecker	SOHO	09.22.		>7
C/1996 X1 (SOHO)	A. Maury	Caussols	10.18.	0.90 S	19.3
C/1996 X2 (SOHO)	M. Lundström				
C/1996 Y1 (SOHO)	G. Hahn				
	D. Lewis				
	D. Biesecker				
	S. Stezelberger				
	S. Stezelberger				

jelölés	felfedező	a felfedezés			m
		helye	dátuma	műszere	
48P/Johnson	W. Offutt	Cloudcroft	03.16.	0.60 T	20.9
78P/Gehrels 2	W. Offutt	Cloudcroft	06.18.	0.60 T	20.3
	C. Hergenrother	Mt. Hopkins	06.26.	1.22 T	21.0
43P/Wolf–Harrington	W. Offutt	Cloudcroft	09.17.	0.60 T	21.8
	C. Hergenrother				
	T. Spahr	Mt. Hopkins	09.19.	1.22 T	
	J. Scotti	Kitt Peak	09.21.	Sw	20.5
96P/Machholz 1	S. Stezelberger	SOHO	10.13.		4.5
91P/Russell 3	J. Scotti	Kitt Peak	11.18.	Sw	21.3

A táblázat első felében az új felfedezések mellett azok az üstökösök szerepelnek, melyek első visszatérését 1996-ban észlelték. Az ideiglenes jelölés és a név után a felfedező vagy újrafelfedező neve, a felfedezés helye, időpontja és műszere, valamint a felfedező által megadott összfényesség szerepel. A P/ jelölés 200 évnél rövidebb keringési időt jelez. A műszer rovatban az objektívátmérőt méterben adtuk meg. 0.15 B = 25×150-es binokulár, L = lencsés távcső, T = tükrös távcső, S = Schmidt-teleszkóp, Sw = 0.91 m-es Spacewatch (Ürfürkész) kamera. A második rész a régóta ismert, több napközelség során megfigyelt üstökösöket tartalmazza. Itt a P/ előtt álló szám az IAU által 1994-ben kiadott hivatalos sorsszám.



A 133P/1996 N2 (Elst–Pizarro) üstökös 1996.08.23-án. A 10 perces CCD-képet H. Rauer és H. Bönhardt készítte a La Silla-i 1.54 m-es dán teleszkóppal. (ESO PR Photo 36/96)

Meteorrajok

A raj neve	kódja	aktivitás	max.	v $\frac{\text{km}}{\text{s}}$	radiáns			vándorlása	
					RA $^{\circ}$	D $^{\circ}$	SL $^{\circ}$	ΔRA $^{\circ}/d$	ΔD $^{\circ}/d$
Quadrantidák	QUA	01.01–05.	01.03.	42	230	49	283	0.80	–0.20
Nü Aurigidák	NUA	01.01–10.	01.05.		87	35	285		
Delta Cancridák	DCA	01.05–24.	01.14.	28	126	20	294	0.90	–0.10
Alfa Canis Maioridák	ACM	01.03–02.02.	01.15.		105	–17	295		
Gamma Corvidák	GCO	01.08–29.	01.22.		185	–18	302		
Alfa Hydridák	AHY	01.05–02.14.	01.24.		140	–10	304		
Alfa Leonidák	ALE	12.28–02.13.	01.29.		159	6	309		
Pszi Leonidák	PLE	01.14–02.23.	01.29.		143	17	309		
Alfa Aurigidák	AAU	01.15–02.20.	02.10.		74	43	321		
Delta Leonidák	DLE	02.05–03.19.	02.26.	23	159	19	338	0.75	–0.50
Virginidák	VIR	02.03–04.15.	03.10.	35	186	0	350	0.81	–0.33
Zéta Bootidák	DBO	03.05–15.	03.12.		218	12	352		
Camelopardidák	CAM	03.14–04.07.	03.19.	7	119	68	359	1.35	0.51
Delta Draconidák	DDR	03.28–04.17.	04.04.	27	281	68	14		
Kappa Serpentidák	KSE	04.01–07.	04.04.	45	230	18	14		
Szigma Leonidák	SLE	03.21–05.13.	04.17.	20	195	–5	27	0.44	0.11
Áprilisi Lyridák	LYR	04.16–25.	04.22.	48	271	34	32	1.10	0.00
Mü Virginidák	MVI	04.01–05.12.	04.25.	29	221	–5	35	0.53	–0.30
Alfa Bootidák	ABO	04.14–05.12.	04.28.	20	218	19	38	0.90	–0.10
Fi Bootidák	FBO	04.16–05.12.	04.30.	12	240	51	40		
Alfa Scorpiidák	ASC	03.26–06.04.	05.03.	35	240	–22	43	0.90	–0.10
Éta Aquaridák	ETA	04.19–05.28.	05.04.	66	336	–2	44	0.90	0.40
Májusi Capricornidák	ACA	04.19–05.26.	05.08.		305	–13	48		
Gamma Capricornidák	GCA	04.26–05.25.	05.11.		326	–17	50		
Északi Ophiuchidák	NOP	04.25–05.31.	05.13.	30	249	–14	52	0.90	–0.10
Alfa Coronidák	ACO	05.01–31.			231	27	49		
Májusi Ursidák	UMI	05.05–06.06.	05.16.		233	76	55		
Déli Ophiuchidák	SOP	05.10–29.	05.20.	30	258	–24	59	0.90	–0.10
Tau Herculidák	THE	05.19–06.14.	06.03.	15	228	39	72	–0.10	0.90
Khi Scorpiidák	CSC	05.24–06.20.	06.05.	21	247	–13	74	0.90	–0.10
Théta Ophiuchidák	TOP	06.04–16.	06.13.	27	267	–20	82	0.90	0.00
Júniusi Lyridák	JLY	06.11–21.	06.16.	31	278	35	85	0.80	0.00
Corvidák	COR	06.25–30.	06.26.	10	192	–19	95		
Rho Sagittaridák	RSA	06.15–07.08.	06.27.		293	–17	96		
Tau Cetidák	CET	06.18–07.04.	06.27.		24	–12	96		
Júniusi Bootidák	JBO	06.27–28.	06.28.	14	219	49	99		
Tau Aquaridák	TAQ	06.19–07.05.	06.30.		343	–12	99		
Alfa Cygnidák	ACG	07.01–09.30.	07.15.		315	48	113		
Omikron Draconidák	ODR	07.07–24.	07.16.	24	271	59	114		
Piscis Austrinidák	PAU	07.09–08.17.	07.28.	35	341	–30	125	1.00	0.20
Déli Delta Aquaridák	SDA	07.08–08.19.	07.29.	41	333	–17	127	0.80	0.18
Alfa Capricornidák	CAP	07.03–08.25.	07.30.	23	307	–10	126	0.90	0.30
Déli Iota Aquaridák	SIA	07.15–08.25.	08.05.	34	333	–15	133	1.07	0.18

A raj neve	kódja	aktivitás	max.	v km/s	radiáns			vándorlása	
					RA $^{\circ}$	D $^{\circ}$	SL $^{\circ}$	ΔRA o/d	ΔD o/d
Cassiopeidák	CAS	08.01–31.		31	18	59	137		
Északi Delta Aquaridák	NDA	07.14–08.25.	08.12.	42	339	–5	139	1.00	0.20
Perseidák	PER	07.21–08.24.	08.12.	59	46	57	139	1.35	0.12
Kappa Cygnidák	KCG	08.03–08.31.	08.18.	25	286	59	145		
Északi Iota Aquaridák	NIA	08.11–09.20.	08.20.	31	327	–6	147	1.03	0.13
Pi Eridanidák	ERI	08.20–09.05.	08.28.	59	52	–15	155	0.80	0.20
Déli Éta Cetidák	SEC	08.22–09.08.	08.31.		15	–20	158		
Aurigidák	AUR	08.24–09.05.	09.01.	66	85	42	159	1.10	0.00
Északi Éta Cetidák	NEC	08.14–09.15.	09.02.		20	–12	159		
Epszilon Eridanidák	EER	09.09–12.	09.10.		57	–12	167		
Kappa Aquaridák	KAQ	09.08–30.	09.21.	16	339	–2	178	1.00	0.20
Déli Piscidák	SPI	08.15–10.14.	09.24.	26	8	0	181	0.90	0.20
Októberi Capricornidák	OCC	09.20–10.14.	10.03.	15	303	–10	190	0.80	0.20
Andromedidák	AND	09.25–11.12.	10.03.	18	20	34	190	0.38	0.66
Szigma Orionidák	SOR	09.10–10.26.	10.05.	65	86	–3	192	1.20	0.00
Giacobinidák	GIA	10.06–10.	10.09.	20	262	54	196		
Északi Piscidák	NPI	09.25–10.19.	10.12.	29	26	14	199		
Epszilon Geminidák	EGE	10.14–27.	10.19.	69	104	27	206	1.00	0.00
Orionidák	ORI	10.02–11.07.	10.21.	66	95	16	208	1.23	0.13
Leo Minoridák	LMI	10.22–24.	10.24.	62	162	37	211		
Déli Tauridák	STA	09.15–11.26.	11.03.	27	51	14	221	0.79	0.15
Pegasidák	PEG	10.29–11.12.	11.12.	11	335	21	230		
Északi Tauridák	NTA	09.13–12.01.	11.13.	29	58	22	231	0.76	0.10
Leonidák	LEO	11.14–21.	11.17.	71	152	22	235	0.70	–0.42
Delta Eridanidák	DER	11.06–29.	11.18.		58	–9	236		
Alfa Monocerotidák	AMO	11.06–29.	11.20.	60	117	–6	238	1.10	–0.10
Északi Khi Orionidák	ORN	11.16–12.15.	12.02.	28	82	23	260	1.20	0.00
Delta Arietidák	ARI	12.08–14.	12.09.	13	52	22	257		
Monocerotidák	MON	11.27–12.17.	12.10.	42	100	14	258	1.20	0.00
Szigma Hydridák	HYD	12.03–15.	12.11.	58	127	2	259	0.70	–0.20
Déli Khi Orionidák	ORS	12.07–14.	12.11.	26	85	16	259		
Geminidák	GEM	12.04–18.	12.14.	34	112	33	262	1.02	–0.07
Coma Berenicidák	COM	12.12–01.23.	12.17.	65	175	25	265	0.88	–0.45
Ursidák	URS	12.17–26.	12.22.	33	217	75	270		
Omega Canis Maioridák	OCM	12.17–01.04.	12.27.		108	–25	275		

A táblázatban megtalálható a raj hivatalos neve, nemzetközi betűkódja, az aktivitás időszaka, amikor célzottan érdemes megfigyelni, és a legnagyobb gyakoriság időpontja. A fizikai adatok: v a rajtagok átlagos mozgási sebessége a Földhöz képest, RA és D a radiáns egyenlítői koordinátái, SL a Nap geocentrikus ekliptikai hosszúsága a gyakorisági maximum idején, ΔRA és ΔD a radiáns vándorlásának sebessége fok/nap egységben.

Fogyatkozások, fedések

(Minden időadat UT-ben)

Napfogyatkozások

2.26. 14^h 50^m – 20^h 06^m

Teljes napfogyatkozás, Európából nem látható. A fogyatkozás sávja a Csendes-óceánon, Közép-Amerikán és az Atlanti-óceánon halad át.

8.21. 23^h 10^m – 22. 5^h 02^m

Gyűrűs napfogyatkozás, Európából nem látható. A fogyatkozás sávja Indián, Délkelet-Ázsián, Ausztrálián és a Csendes-óceán déli részén halad át.

Holdfogyatkozások

3.13. 2^h 14^m – 6^h 26^m

Részleges, félárnyékos holdfogyatkozás, hazánkból részben látható, a Hold 5^h 13^m UT-kor nyugszik. Belépés a félárnyékba 2^h 14^m, a fogyatkozás közepe 4^h 20^m, kilépés a félárnyékból 6^h 26^m. A félárnyékos fogyatkozás nagysága 0.735.

8.08. 1^h 32^m – 3^h 18^m

Részleges, félárnyékos holdfogyatkozás, hazánkból is látható, a Hold 3^h 44^m UT-kor nyugszik. Belépés a félárnyékba 1^h 32^m, a fogyatkozás közepe 2^h 25^m, kilépés a félárnyékból 3^h 18^m. A félárnyékos fogyatkozás nagysága 0.146.

9.06. 9^h 14^m – 13^h 06^m

Részleges, félárnyékos holdfogyatkozás, hazánkból nem látható, Belépés a félárnyékba 9^h 14^m, a fogyatkozás közepe 11^h 10^m, kilépés a félárnyékból 13^h 06^m. A félárnyékos fogyatkozás nagysága 0.837.

A Hold bolygófedései

3.26. 12^h Jupiter-fedés, a bolygó fényessége -1^m6 , a Hold fázisa 0.04, csökkenő.

belépés	11 ^h 46 ^m 2	$P = 100^\circ$	$h = 26^\circ$,
kilépés	12 ^h 41 ^m 9	$P = 213^\circ$	$h = 19^\circ$.

Az év folyamán ezen kívül számos bolygófedés következik be, a többi azonban Magyarországról nem figyelhető meg.

1.05. 12^h Szaturnusz-fedés
 2.01. 21^h Szaturnusz-fedés
 2.27. 22^h Mars-fedés
 3.01. 9^h Szaturnusz-fedés
 3.24. 19^h Vénusz-fedés
 3.26. 12^h Jupiter-fedés (lásd fent)
 4.23. 7^h Jupiter-fedés
 4.23. 8^h Vénusz-fedés
 4.24. 19^h Merkúr-fedés
 5.20. 23^h Jupiter-fedés

6.17. 11^h Jupiter-fedés
 7.14. 19^h Jupiter-fedés
 8.11. 0^h Jupiter-fedés
 9.07. 4^h Jupiter-fedés
 10.04. 9^h Jupiter-fedés
 10.16. 4^h Mars-fedés
 10.31. 16^h Jupiter-fedés
 11.13. 18^h Mars-fedés
 11.28. 1^h Jupiter-fedés
 12.25. 11^h Jupiter-fedés

A Hold csillagfedései

dátum h m	UT	Z.C.	<i>m</i>	J	<i>P</i> °	<i>A</i> m/°	<i>B</i> m/°	név
1.04.	17 06.8	22	7.3	be	68	-1.4	+0.1	SAO 128639
06.	17 46.3	298	7.2	be	29	-1.0	+2.0	SAO 110286
06.	19 26.0	303	6.5	be	128	-2.1	-3.3	SAO 110325
06.	20 20.1	308	6.7	be	40	-1.0	+0.7	SAO 110337
06.	22 56.2	322	5.7	be	56	-0.4	-0.4	64 Cet
09.	1 31.4	608	6.0	be	96	+0.0	-1.5	SAO 93775
09.	16 58.0		7.4	be	90	-1.0	+1.3	SAO 94138
09.	22 05.7	741	5.7	be	64	-1.5	+0.2	SAO 94227
10.	18 10.1	878	5.5	be	137	-1.7	-0.9	130 Tau
16.	3 31.8	1525	5.9	ki	343	-0.5	-3.2	44 Leo
20.	5 17.5	1937	6.1	ki	299	-1.6	-1.2	72 Vir
30.	17 39.7	3379	6.4	be	57	-0.3	-0.4	81 Aqr
2.03.	16 48.4	398	6.7	be	31	-1.1	+2.1	SAO 93059
04.	17 37.8	526	6.9	be	53	-1.5	+1.2	SAO 93532
05.	16 50.5	685	6.5	be	30	-0.9	+3.1	SAO 94004
05.	18 32.8	692	1.1	be	3	—	—	α Tau
05.	18 52.0	692	1.1	ki	335	—	—	α Tau
06.	0 45.9		7.4	be	62	-0.1	-0.7	SAO 94138
07.	18 01.4		7.5	be	55	-1.2	+2.3	SAO 95703
08.	2 18.8	1029	5.1	be	133	+0.3	-2.2	26 Gem
08.	23 53.6	1141	5.6	be	122	-0.9	-2.1	SAO 96985
17.	0 36.9	1994	6.5	ki	307	-1.1	-0.1	SAO 139618
19.	3 07.4	2223	4.0	be	97	-1.7	+0.5	γ Lib
19.	4 30.3	2223	4.0	ki	300	-1.7	-0.7	γ Lib
3.02.	19 17.5	368	6.3	be	65	-0.5	-0.6	SAO 110565
04.	17 13.2	635	3.9	be	74	-1.6	+0.1	γ Tau
04.	20 32.8	659	6.4	be	49	-0.9	-0.0	70 Tau
04.	20 52.5	661	4.6	be	127	-0.3	-2.7	71 Tau
04.	21 50.8	671	3.6	be	79	-0.2	-1.1	θ ² Tau
04.	21 52.3	669	4.0	be	58	-0.4	-0.6	θ ¹ Tau
04.	22 40.6	675	5.7	be	145	+0.6	-3.2	80 Tau
05.	21 36.4	806	5.1	be	96	-0.5	-1.6	111 Tau
05.	23 21.8	820	6.0	be	128	+0.3	-2.2	117 Tau
06.	18 26.2	944	5.7	be	123	-1.7	-1.7	SAO 95419
06.	19 40.9	951	6.9	be	6	—	—	SAO 95456
06.	19 45.8	951	6.9	ki	359	—	—	SAO 95456
06.	22 29.4	970	6.5	be	134	-0.2	-2.7	SAO 95572
08.	17 41.6	1210	5.9	be	98	-1.5	+0.6	5 Cnc
20.	3 41.6	2441	6.5	ki	284	-1.8	-0.2	SAO 160216
4.03.	19 45.9	1057	6.9	be	126	-0.8	-2.3	SAO 96288
03.	20 27.2		7.1	be	78	-1.0	-1.0	SAO 96318
03.	22 46.2	1072	6.2	be	71	-0.2	-1.0	SAO 96407
04.	21 38.0		7.5	be	36	—	—	SAO 97338
05.	0 02.2	1198	6.2	be	55	-0.2	-0.6	SAO 97429
07.	20 56.0	1516	7.0	be	103	-1.7	-0.9	SAO 118260
07.	23 07.9	1525	5.9	be	67	-1.6	-0.7	44 Leo

dátum h m	UT	Z.C.	<i>m</i>	J	<i>P</i> _o	<i>A</i> _{m/o}	<i>B</i> _{m/o}	név
4.16.	0 12.8	2396	6.6	be	182	—	—	SAO 160044
16.	0 30.5	2396	6.6	ki	207	—	—	SAO 160044
16.	0 58.5	2399	5.0	ki	302	-1.5	-0.2	24 (Sco)
28.	18 49.9	692	1.1	be	32	-0.5	+0.5	α Tau
28.	19 21.0	692	1.1	ki	321	+0.6	-2.7	α Tau
5.03.	21 43.8	1386	6.6	be	52	-1.2	-0.3	SAO 98520
04.	20 19.0	1486	4.6	be	121	-1.1	-1.9	31 Leo
05.	23 58.8	1600	5.1	be	86	-0.3	-1.5	59 Leo
14.	0 42.0	2497	6.5	be	178	—	—	SAO 160474
14.	0 55.9	2497	6.5	ki	197	—	—	SAO 160474
14.	23 29.5	2629	6.3	ki	239	-1.8	+1.7	SAO 161153
16.	1 01.2	2791	5.4	ki	305	-1.6	-0.1	SAO 162229
18.	0 41.3	3064	6.0	ki	239	-1.1	+1.8	SAO 164013
6.04.	21 54.9	1866	5.9	be	127	-1.0	-2.0	44 Vir
05.	21 56.8	1969	7.1	be	146	-1.1	-2.3	SAO 139527
19.	1 38.4	192	5.3	ki	309	-0.8	+0.4	89 Psc
21.	2 05.3	462	5.9	ki	269	-0.0	+1.3	SAO 93320
22.	14 27.9	692	1.1	be	57	-0.5	-0.5	α Tau
22.	15 17.3	692	1.1	ki	295	+0.2	-1.9	α Tau
7.02.	21 04.2	1933	7.0	be	102	-1.0	-1.7	SAO 139358
06.	20 48.2	2399	5.0	be	44	—	—	24 (Sco)
14.	23 34.5	12	6.3	be	344	—	—	4 (Cet)
14.	23 40.9	12	6.3	ki	333	—	—	4 (Cet)
8.02.	21 06.3	2352	6.7	be	77	-1.3	-1.0	SAO 159888
04.	18 55.9	2611	6.8	be	99	-1.7	+0.3	SAO 161056
04.	22 29.3	2629	6.3	be	113	-1.5	-1.6	SAO 161153
05.	23 34.2	2791	5.4	be	8	—	—	SAO 162229
14.	2 32.1	405	4.4	be	61	-1.2	+1.5	μ Cet
15.	23 26.5	675	5.7	ki	243	+0.2	+1.7	80 Tau
15.	23 40.2	678	5.5	ki	248	+0.1	+1.6	81 Tau
16.	0 13.7	682	6.0	ki	266	-0.2	+1.4	85 Tau
16.	3 05.4	699	5.8	ki	216	-0.6	+2.7	89 Tau
28.	18 10.6	2167	7.5	ki	11	—	—	SAO 159075
9.02.	20 47.3	2863	6.1	be	21	—	—	SAO 162809
03.	18 01.4	2987	5.0	be	154	—	—	ρ Cap
11.	2 50.8	491	6.2	ki	241	-1.5	+0.9	SAO 93416
11.	23 13.9	626	6.4	ki	305	-1.0	+0.4	48 Tau
12.	0 24.3	635	3.9	be	39	-0.4	+2.5	γ Tau
12.	1 21.5	635	3.9	ki	287	-1.5	+0.4	γ Tau
13.	23 12.8	934	6.4	ki	251	+0.2	+1.6	SAO 95337
16.	3 43.6	1238	6.1	be	172	—	—	SAO 97653
25.	17 26.2	2245	6.4	be	41	—	—	SAO 159461
29.	17 40.8	2798	6.3	be	121	-2.0	-0.8	SAO 162260
10.01.	21 23.5		7.5	be	72	-1.2	-0.6	SAO 164149
01.	21 27.6		7.3	be	126	-2.0	-2.5	SAO 164145
01.	23 01.8	3094	7.4	be	118	-1.2	-2.4	SAO 164187
02.	18 51.7		7.0	be	356	—	—	SAO 164779

dátum h m	UT	Z.C.	<i>m</i>	J	<i>P</i> _o	<i>A</i> _{m/o}	<i>B</i> _{m/o}	név
10.04.	0 08.1	3388	5.6	be	45	-0.6	+0.1	83 Aqr
04.	21 49.0	3526	5.1	be	72	-1.5	+0.4	27 Psc
04.	23 49.7	3535	5.1	be	45	-0.9	+0.4	29 Psc
10.	0 14.4	741	5.7	ki	280	-1.4	+0.6	SAO 94227
14.	3 13.4	1323	6.3	ki	269	-1.2	+1.3	54 Cnc
16.	3 00.9	1547	3.9	be	94	-0.5	+1.4	ρ Leo
16.	4 09.4	1547	3.9	ki	299	-1.0	+0.4	ρ Leo
26.	18 19.0		7.3	be	50	-0.7	-0.3	SAO 161947
28.	18 10.4	3022	6.9	be	108	-1.9	-1.1	SAO 163798
29.	21 31.4	3173	5.3	be	98	-1.0	-1.6	42 Cap
30.	18 18.3	3307	4.9	be	38	-1.2	+1.3	σ Aqr
30.	18 43.7	3310	6.4	be	108	-2.1	-0.6	58 Aqr
30.	23 05.5	3324	7.2	be	93	-0.6	-1.5	64 Aqr
31.	18 21.4	3449	7.3	be	101	-1.8	+0.3	SAO 146707
11.05.	18 02.4	635	3.9	be	63	+0.2	+1.6	γ Tau
05.	18 54.9	635	3.9	ki	267	-0.2	+1.4	γ Tau
05.	21 57.9	669	4.0	be	120	-1.7	-0.2	ϑ ¹ Tau
05.	22 46.2	669	4.0	ki	208	-0.8	+2.9	ϑ ¹ Tau
05.	22 57.8	667	5.3	ki	297	-1.9	-0.5	75 Tau
06.	0 02.9	677	4.8	ki	234	-1.4	+1.4	SAO 93975
06.	1 39.3	685	6.5	ki	227	-1.4	+1.1	SAO 94004
06.	1 47.9	692	1.1	be	94	-1.5	-0.8	α Tau
06.	2 57.0	692	1.1	ki	248	-1.2	-0.3	α Tau
06.	21 15.2	814	5.3	ki	260	-0.6	+1.5	115 Tau
15.	4 31.9	1821	2.9	be	139	-0.7	-0.3	γ Vir
15.	5 43.0	1821	2.9	ki	273	-1.6	+1.0	γ Vir
16.	4 11.8	1924	5.8	ki	258	-0.8	+2.1	66 Vir
23.	17 35.0	2854	7.3	be	16	—	—	SAO 162723
26.	18 59.7	3262	7.1	be	0	—	—	40 Aqr
28.	23 09.8	12	6.3	be	354	—	—	4 (Cet)
29.	23 49.2		7.0	be	48	-0.4	-0.1	SAO 109653
12.01.	15 53.0	405	4.4	be	36	-0.0	+2.1	μ Cet
05.	4 01.5	947	5.2	be	14	—	—	71 Ori
05.	4 12.4	947	5.2	ki	354	—	—	71 Ori
07.	2 28.4	1236	5.1	ki	341	—	—	ζ Cnc
07.	20 37.3	1336	5.2	ki	227	+0.3	+2.8	o ¹ Cnc
07.	20 52.0	1337	5.6	ki	291	-0.2	+0.9	o ² Cnc
08.	4 44.4	1371	6.4	ki	356	—	—	81 Cnc
16.	6 30.3	2223	4.0	be	103	-1.4	+0.7	γ Lib
23.	17 19.2		7.3	be	34	-0.5	+0.5	SAO 164780
23.	18 43.7	3222	7.1	be	41	-0.3	+0.0	SAO 164811
26.	18 07.2	83	6.9	be	61	-1.4	+0.3	15 Cet
26.	22 09.0	95	7.1	be	69	-0.3	-0.8	SAO 128932
29.	17 23.4	491	6.2	be	77	-1.2	+1.3	SAO 93416
29.	18 10.3		7.5	be	141	—	—	SAO 93422
29.	19 14.5	498	6.2	be	121	-2.2	-1.3	SAO 93439
30.	1 32.7	526	6.9	be	34	-0.4	+0.4	SAO 93532
30.	15 28.4	635	3.9	be	68	-0.2	+1.7	γ Tau

dátum h m	UT	Z.C.	m	J	P_{\circ}	$A_{m/\circ}$	$B_{m/\circ}$	név
12.30.	18 11.8	659	6.4	be	91	-1.3	+1.0	70 Tau
30.	19 53.0	667	5.3	be	46	-1.2	+1.8	75 Tau
30.	20 02.9	669	4.0	be	144	—	—	ϑ^1 Tau
30.	20 55.2	677	4.8	be	109	-1.8	-1.0	SAO 93975
30.	22 37.4	685	6.5	be	116	-1.4	-2.0	SAO 94004
30.	23 44.0	692	1.1	be	94	-1.0	-1.3	α Tau
31.	0 48.1	692	1.1	ki	251	-0.7	-0.8	α Tau
31.	18 13.5	814	5.3	be	118	-1.3	+0.3	115 Tau
31.	21 05.9	832	4.7	be	25	-1.1	+3.7	119 Tau
31.	21 34.4	836	5.5	be	53	-1.5	+1.5	120 Tau

UT = A jelenség előrejelzett időpontja UT-ben

Z.C. = a csillag Zodiacal Catalogue szerinti száma

m = a csillag fényessége

J = jelenség: be = belépés ki = kilépés

P = pozíciósög

A = hosszúsági együttható

B = szélességi együttható

E két szám segítségével a (λ, φ) földrajzi koordinátájú megfigyelőhelyen a táblázatban előrejelzett t_0 időpont helyett az alábbi t időpontban várható a jelenség:

$$t = t_0 + (19^{\circ}0 - \lambda)A + (\varphi - 47^{\circ}5)B$$



Aldebaran-fedés 1996.10.01-én. A felvétel néhány perccel a kilépés után készült 80/1200-as refraktorral, Kodak Elite 400 diára, 2 s expozícióval. (Mizser Attila felvétele)

$m < 4^m$

Csillagkatalógus J1998.5-re

 $\delta > -30^\circ$

csillag	RA h m s	ΔRA s/év	D ° ' "	ΔD "/év	μ_{RA} s	μ_p "	v_{rad} km/s	π "	m
α And	0 08 18.6	+3.11	+29 04 56	+19.9	1.039	-16.33	-12.0	0.024	2.06
β Cas	0 09 05.8	+3.23	+59 08 29	+19.8	6.827	-18.09	11.0	0.072	2.27
γ Peg	0 13 09.5	+3.10	+15 10 31	+20.0	0.019	-1.20	4.0	0.000	2.83
ι Cet	0 19 21.1	+3.06	-8 49 56	+19.9	-0.093	-3.61	19.0	0.010	3.56
ζ Cas	0 36 53.2	+3.37	+53 53 19	+19.8	0.219	-0.91	2.0	0.004	3.66
δ And	0 39 14.9	+3.22	+30 51 10	+19.7	1.060	-9.15	-7.0	0.024	3.27
α Cas	0 40 25.3	+3.44	+56 31 45	+19.7	0.636	-3.19	-4.0	0.016	2.23
β Cet	0 43 30.9	+3.01	-17 59 41	+19.7	1.637	3.25	13.0	0.057	2.04
γ Cas	0 56 37.0	+3.66	+60 42 31	+19.4	0.355	-0.53	-7.0	0.034	2.47
μ And	0 56 40.2	+3.35	+38 29 28	+19.5	1.297	3.27	8.0	0.032	3.87
η Cet	1 08 30.9	+3.02	-10 11 25	+19.0	1.474	-13.83	12.0	0.032	3.45
β And	1 09 38.9	+3.38	+35 36 45	+19.0	1.457	-11.35	3.0	0.043	2.06
ϑ Cet	1 23 56.9	+3.00	-8 11 28	+18.5	-0.532	-21.85	17.0	0.034	3.60
δ Cas	1 25 43.0	+3.97	+60 13 39	+18.6	3.993	-5.11	7.0	0.029	2.68
η Psc	1 31 24.2	+3.22	+15 20 17	+18.5	0.193	-0.55	15.0	0.015	3.62
51 And	1 37 54.0	+3.71	+48 37 14	+18.1	0.652	-11.33	16.0	0.021	3.57
τ Cet	1 43 59.9	+2.79	-15 56 43	+18.9	-11.911	85.64	-16.2	0.275	3.50
ζ Cet	1 51 23.2	+2.96	-10 20 33	+17.7	0.276	-3.90	9.0	0.038	3.73
α Tri	1 52 59.8	+3.43	+29 34 18	+17.4	0.087	-23.51	-13.0	0.050	3.41
ϵ Cas	1 54 17.2	+4.37	+63 39 46	+17.6	0.476	-2.08	-8.0	0.010	3.38
β Ari	1 54 33.4	+3.33	+20 48 03	+17.5	0.684	-11.11	-2.0	0.063	2.64
γ^1 And	2 03 48.4	+3.70	+42 19 21	+17.1	0.404	-5.17	-12.0	0.013	2.26
α Ari	2 07 05.3	+3.39	+23 27 19	+16.9	1.383	-14.83	-14.0	0.043	2.00
β Tri	2 09 27.2	+3.59	+34 58 49	+16.9	1.218	-4.03	10.0	0.012	3.00
α UMi	2 30 08.7	+66.09	+89 15 27	+15.9	19.877	-1.52	-17.0	0.007	2.02
41 Ari	2 49 53.7	+3.54	+27 15 16	+14.7	0.500	-11.75	4.0	0.031	3.63
η Per	2 50 35.2	+4.41	+55 53 22	+14.7	0.203	-1.42	-1.0	0.006	3.76
τ Per	2 54 09.0	+4.29	+52 45 23	+14.5	-0.004	-0.54	2.0	0.012	3.95
η Eri	2 56 21.2	+2.93	-8 54 15	+14.2	0.536	-21.95	-20.0	0.027	3.89
α Cet	3 02 12.1	+3.14	+4 05 02	+14.0	-0.063	-7.80	-26.0	0.009	2.53
γ Per	3 04 41.2	+4.38	+53 30 02	+13.9	-0.001	-0.47	3.0	0.011	2.93
ϱ Per	3 05 04.8	+3.86	+38 50 04	+13.7	1.110	-10.56	28.0	0.011	3.39
β Per	3 08 04.2	+3.92	+40 56 60	+13.7	0.031	-0.09	4.0	0.031	2.12
α Per	3 24 12.9	+4.31	+49 51 21	+12.6	0.246	-2.46	-2.0	0.029	1.80
σ Tau	3 24 43.9	+3.24	+9 01 25	+12.5	-0.445	-7.80	-21.0	0.011	3.60
ξ Tau	3 27 05.3	+3.26	+9 43 39	+12.4	0.405	-3.89	-2.0	0.000	3.74
ϵ Eri	3 32 51.6	+2.83	-9 27 48	+12.0	-6.580	2.10	15.4	0.303	3.73
δ Per	3 42 49.1	+4.29	+47 46 58	+11.3	0.280	-3.42	4.0	0.016	3.01
δ Eri	3 43 10.6	+2.88	-9 46 06	+12.0	-0.622	74.48	-6.0	0.109	3.54
17 Tau	3 44 47.2	+3.57	+24 06 31	+11.1	0.142	-4.61	12.0	0.019	3.70
ν Per	3 45 05.5	+4.09	+42 34 26	+11.1	-0.130	-0.16	-13.0	0.014	3.77
η Tau	3 47 23.7	+3.58	+24 06 02	+10.9	0.136	-4.60	10.0	0.008	2.87
27 Tau	3 49 04.4	+3.58	+24 02 56	+10.8	0.130	-4.67	9.0	0.000	3.63
ζ Per	3 54 02.2	+3.78	+31 52 45	+10.5	0.045	-1.02	20.0	0.010	2.85
ϵ Per	3 57 45.2	+4.04	+40 00 21	+10.2	0.156	-2.58	1.0	0.009	2.89

csillag	RA h m s	ΔRA s/év	D ° ' "	ΔD "/év	μ_{RA} s	μ_D "	v_{rad} km/s	π "	m
γ Eri	3 57 57.6	+2.80	-13 30 46	+10.1	0.420	-11.14	62.0	0.010	2.95
λ Tau	4 00 35.8	+3.33	+12 29 10	+10.0	-0.043	-1.24	18.0	0.002	3.47
ν Tau	4 03 04.6	+3.20	+5 59 07	+9.8	0.035	-0.32	-6.0	0.022	3.91
γ Tau	4 19 42.5	+3.42	+15 37 27	+8.5	0.799	-2.50	39.0	0.028	3.63
δ^1 Tau	4 22 50.9	+3.47	+17 32 21	+8.2	0.747	-2.96	39.0	0.016	3.76
ε Tau	4 28 31.7	+3.51	+19 10 38	+7.8	0.756	-3.77	39.0	0.018	3.54
α Tau	4 35 50.1	+3.45	+16 30 23	+7.0	0.439	-18.97	54.0	0.048	0.85
ν Eri	4 36 14.6	+3.00	-3 21 20	+7.2	0.013	-0.52	15.0	0.000	3.93
53 Eri	4 38 06.7	+2.75	-14 18 24	+6.9	-0.519	-15.56	42.0	0.036	3.87
π^3 Ori	4 49 45.5	+3.26	+6 57 31	+6.1	3.130	1.15	24.0	0.125	3.19
π^4 Ori	4 51 07.6	+3.20	+5 36 09	+5.9	-0.009	0.06	23.0	0.001	3.69
π^5 Ori	4 54 10.4	+3.13	+2 26 18	+5.7	0.002	-0.03	23.0	0.003	3.72
ι Aur	4 56 53.7	+3.92	+33 09 50	+5.4	0.027	-1.79	18.0	0.015	2.69
ε Aur	5 01 51.7	+4.32	+43 49 16	+5.0	-0.006	-0.38	-3.0	0.007	2.99
ζ Aur	5 02 22.4	+4.20	+41 04 26	+5.0	0.076	-2.20	13.0	0.005	3.75
ε Lep	5 05 23.8	+2.54	-22 22 23	+4.7	0.180	-7.38	1.0	0.011	3.19
η Aur	5 06 24.6	+4.22	+41 13 57	+4.6	0.259	-6.78	7.0	0.013	3.17
β Eri	5 07 46.5	+2.95	-5 05 18	+4.4	-0.633	-8.08	-9.0	0.042	2.79
μ Lep	5 12 51.8	+2.70	-16 12 26	+4.1	0.296	-2.59	28.0	0.018	3.31
β Ori	5 14 27.9	+2.89	-8 12 12	+4.0	0.003	-0.13	21.0	0.013	0.12
α Aur	5 16 34.7	+4.44	+45 59 48	+3.4	0.728	-42.47	30.0	0.073	0.08
τ Ori	5 17 32.0	+2.92	-6 50 45	+3.7	-0.101	-0.82	20.0	0.006	3.60
γ Ori	5 25 03.0	+3.22	+6 20 54	+3.0	-0.059	-1.39	18.0	0.026	1.64
β Tau	5 26 11.8	+3.80	+28 36 23	+2.8	0.169	-17.51	9.0	0.018	1.65
β Lep	5 28 10.9	+2.57	-20 45 38	+2.7	-0.031	-8.86	-14.0	0.014	2.84
δ Ori	5 31 55.8	+3.07	-0 18 01	+2.4	0.010	-0.22	16.0	0.014	2.23
α Lep	5 32 39.8	+2.65	-17 49 24	+2.4	0.007	0.19	24.0	0.007	2.58
ι Ori	5 35 21.6	+2.94	-5 54 39	+2.2	0.000	0.11	22.0	0.021	2.76
ε Ori	5 36 08.2	+3.05	-1 12 10	+2.1	0.006	-0.24	26.0	0.000	1.70
ζ Tau	5 37 33.3	+3.59	+21 08 30	+1.9	0.002	-2.10	20.0	0.008	3.00
γ Lep	5 44 24.0	+2.50	-22 26 56	+1.0	-2.114	-36.98	-10.0	0.122	3.60
ζ Lep	5 46 53.3	+2.72	-14 49 21	+1.1	-0.109	-0.06	20.0	0.042	3.55
κ Ori	5 47 41.1	+2.85	-9 40 12	+1.1	0.013	-0.24	21.0	0.015	2.06
δ Lep	5 51 15.4	+2.58	-20 52 45	+0.1	1.623	-64.89	99.3	0.022	3.81
α Ori	5 55 05.4	+3.25	+7 24 25	+0.4	0.173	0.87	21.0	0.005	0.50
η Lep	5 56 20.2	+2.73	-14 10 05	+0.5	-0.286	13.93	-2.0	0.061	3.71
δ Aur	5 59 24.2	+4.94	+54 17 05	-0.1	0.926	-12.54	8.0	0.020	3.72
β Aur	5 59 25.1	+4.40	+44 56 51	+0.1	-0.541	0.03	-18.0	0.037	1.90
β CMa	6 22 38.0	+2.64	-17 57 18	-2.0	-0.044	0.03	34.0	0.014	1.98
μ Gem	6 22 52.2	+3.63	+22 30 52	-2.1	0.391	-11.10	55.0	0.021	2.88
γ Gem	6 37 37.5	+3.47	+16 24 02	-3.3	0.293	-4.16	-13.0	0.031	1.93
ε Gem	6 43 50.4	+3.69	+25 07 58	-3.8	-0.041	-1.34	10.0	0.017	2.98
α CMa	6 45 04.9	+2.64	-16 42 50	-5.1	-3.847	-120.53	-7.6	0.375	-1.46
ξ Gem	6 45 12.3	+3.37	+12 53 50	-4.1	-0.791	-19.14	25.0	0.051	3.36
ϑ Gem	6 52 41.4	+3.95	+33 57 47	-4.6	-0.017	-4.81	21.0	0.021	3.60

csillag	RA h m s	ΔRA s/év	D o ' "	ΔD "/év	μ_{RA} s	μ_D "	v_{rad} km/s	π "	m
ϵ CMa	6 58 34.0	+2.36	-28 58 12	-5.1	0.031	0.28	27.0	0.000	1.50
σ CMa	7 01 39.6	+2.39	-27 55 57	-5.3	-0.038	0.49	22.0	0.017	3.46
σ^2 CMa	7 02 57.7	+2.51	-23 49 52	-5.4	-0.031	0.32	48.0	0.000	3.03
ζ Gem	7 04 01.2	+3.56	-20 34 21	-5.5	-0.065	-0.05	7.0	0.000	3.79
δ CMa	7 08 19.8	+2.44	-26 23 27	-5.9	-0.024	0.44	34.0	0.000	1.86
λ Gem	7 18 00.4	+3.45	+16 32 35	-6.7	-0.331	-3.66	-9.0	0.041	3.58
δ Gem	7 20 02.0	+3.58	+21 59 07	-6.9	-0.188	-1.23	4.0	0.059	3.53
η CMa	7 24 02.1	+2.37	-29 18 00	-7.2	-0.031	0.53	41.0	0.000	2.44
ι Gem	7 25 38.0	+3.72	+27 48 04	-7.4	-0.926	-8.61	8.0	0.031	3.79
β CMi	7 27 04.2	+3.25	+8 17 33	-7.5	-0.350	-3.83	22.0	0.020	2.90
α Gem	7 34 30.3	+3.82	+31 53 31	-8.1	-1.347	-9.87	-1.0	0.072	1.58
α CMi	7 39 13.4	+3.14	+5 13 44	-9.4	-4.755	-102.29	-3.0	0.288	0.38
α Mon	7 41 10.5	+2.87	-9 32 51	-8.6	-0.493	-1.92	11.0	0.019	3.93
κ Gem	7 44 21.4	+3.62	+24 24 06	-8.9	-0.244	-5.23	21.0	0.025	3.57
β Gem	7 45 13.4	+3.67	+28 01 48	-8.9	-4.740	-4.59	3.0	0.093	1.14
ξ Pup	7 49 13.9	+2.52	-24 51 22	-9.2	-0.022	-0.18	3.0	0.003	3.34
ρ Pup	8 07 28.8	+2.56	-24 17 60	-10.5	-0.606	4.92	46.0	0.031	2.81
β Cnc	8 16 26.1	+3.25	+9 11 25	-11.3	-0.298	-4.89	22.0	0.014	3.52
(Hya)	8 25 35.1	+3.00	-3 54 05	-11.9	-0.444	-2.29	10.0	0.019	3.90
σ UMa	8 30 08.5	+4.95	+60 43 24	-12.3	-1.818	-10.73	20.0	0.009	3.36
δ Cnc	8 44 36.0	+3.40	+18 09 36	-13.4	-0.126	-22.81	17.0	0.025	3.94
ζ Hya	8 55 18.9	+3.17	+5 57 05	-13.9	-0.665	1.44	23.0	0.029	3.11
ι UMa	8 59 06.3	+4.09	+48 02 52	-14.3	-4.428	-22.64	9.0	0.066	3.14
κ UMa	9 03 31.4	+4.07	+47 09 45	-14.4	-0.323	-5.41	4.0	0.010	3.60
ϑ Hya	9 14 17.2	+3.12	+2 19 14	-15.3	0.862	-31.00	-10.0	0.019	3.88
α Lyn	9 20 57.8	+3.64	+34 23 56	-15.4	-1.789	1.87	38.0	0.021	3.13
α Hya	9 27 30.8	+2.95	-8 39 08	-15.7	-0.093	3.28	-4.0	0.017	1.98
23 UMa	9 31 24.7	+4.68	+63 04 07	-15.9	1.604	2.77	-10.0	0.034	3.67
ϑ UMa	9 32 45.4	+3.99	+51 41 03	-16.6	-10.253	-53.14	15.0	0.052	3.17
ι Hya	9 39 46.8	+3.06	-1 08 10	-16.5	0.324	-6.43	23.0	0.020	3.91
σ Leo	9 41 04.2	+3.20	+9 53 57	-16.5	-0.961	-3.67	27.0	0.028	3.52
ϵ Leo	9 45 46.0	+3.40	+23 46 52	-16.7	-0.337	-1.10	4.0	0.010	2.98
ν UMa	9 50 53.0	+4.23	+59 02 45	-17.1	-3.797	-15.12	27.0	0.036	3.80
μ Leo	9 52 40.7	+3.40	+26 00 51	-17.1	-1.602	-5.59	14.0	0.022	3.88
η Leo	10 07 15.1	+3.27	+16 46 12	-17.7	-0.011	-0.04	3.0	0.003	3.52
α Leo	10 08 17.5	+3.19	+11 58 28	-17.7	-1.693	0.64	6.0	0.039	1.35
λ Hya	10 10 30.9	+2.93	-12 20 48	-17.9	-1.379	-8.85	19.0	0.014	3.61
ζ Leo	10 16 36.4	+3.33	+23 25 29	-18.0	0.131	-0.71	-16.0	0.017	3.44
λ UMa	10 17 00.4	+3.60	+42 55 19	-18.1	-1.494	-3.78	18.0	0.030	3.45
μ UMa	10 22 14.4	+3.56	+41 30 26	-18.2	-0.726	3.45	-21.0	0.031	3.05
μ Hya	10 26 01.1	+2.90	-16 49 43	-18.5	-0.890	-7.99	40.0	0.013	3.81
ρ Leo	10 32 43.9	+3.16	+9 18 52	-18.6	-0.044	-0.27	42.0	0.011	3.85
ν Hya	10 49 33.0	+2.96	-16 11 09	-18.9	0.654	20.02	-1.0	0.022	3.11
46 LMi	10 53 13.7	+3.34	+34 13 23	-19.5	0.700	-27.85	16.0	0.017	3.83
β UMa	11 01 45.1	+3.59	+56 23 26	-19.4	0.988	3.40	-12.0	0.042	2.37

csillag	RA h m s	ΔRA s/év	D ° ' "	ΔD "/év	μ_{RA} s	μ_D "/	v_{rad} km/s	π "	m
α UMa	11 03 38.2	+3.66	+61 45 32	-19.5	-1.675	-6.65	-9.0	0.031	1.79
ψ UMa	11 09 34.8	+3.36	+44 30 24	-19.6	-0.604	-2.77	-4.0	0.000	3.01
δ Leo	11 14 01.7	+3.18	+20 31 55	-19.8	1.011	-12.98	-20.0	0.040	2.56
ϑ Leo	11 14 09.7	+3.14	+15 26 16	-19.7	-0.420	-7.86	8.0	0.019	3.34
ν UMa	11 18 23.9	+3.23	+33 06 09	-19.7	-0.205	2.84	-9.0	0.013	3.48
δ CrI	11 19 15.9	+3.00	-14 46 14	-19.5	-0.844	20.75	-5.0	0.019	3.56
λ Dra	11 31 19.0	+3.51	+69 20 22	-19.9	-0.733	-1.71	7.0	0.024	3.84
χ UMa	11 45 58.3	+3.15	+47 47 16	-20.0	-1.361	2.95	-9.0	0.014	3.71
β Leo	11 48 59.0	+3.06	+14 34 50	-20.1	-3.422	-11.41	0.0	0.076	2.14
β Vir	11 50 37.0	+3.13	+1 46 23	-20.3	4.954	-27.11	5.0	0.098	3.61
γ UMa	11 53 45.1	+3.14	+53 42 11	-20.0	1.073	1.17	-13.0	0.020	2.44
ε Crv	12 10 02.8	+3.09	-22 36 41	-20.0	-0.512	1.35	5.0	0.020	3.00
δ UMa	12 15 21.1	+2.95	+57 02 27	-20.0	1.270	0.94	-13.0	0.052	3.31
γ Crv	12 15 43.7	+3.09	-17 32 01	-20.0	-1.124	2.33	-4.0	0.000	2.59
η Vir	12 19 49.7	+3.07	-0 39 31	-20.0	-0.419	-1.81	2.0	0.010	3.89
δ Crv	12 29 47.2	+3.11	-16 30 26	-20.0	-1.460	-13.80	9.0	0.018	2.95
κ Dra	12 33 25.1	+2.54	+69 47 47	-19.8	-1.130	1.19	-11.0	0.010	3.87
β Crv	12 34 18.5	+3.16	-23 23 19	-19.9	0.016	-5.39	-8.0	0.027	2.65
ε UMa	12 53 57.8	+2.63	+55 58 05	-19.5	1.328	-0.58	-9.0	0.009	1.77
δ Vir	12 55 31.7	+3.02	+3 24 20	-19.5	-3.129	-5.39	-18.0	0.017	3.38
α^2 CVn	12 55 57.5	+2.80	+38 19 35	-19.4	-1.987	5.65	-3.0	0.023	2.90
ε Vir	13 02 06.1	+2.99	+10 58 02	-19.3	-1.854	2.00	-14.0	0.036	2.83
γ Hya	13 18 50.4	+3.27	-23 09 49	-18.9	0.467	-4.47	-5.0	0.021	3.00
ζ UMa	13 23 51.9	+2.41	+54 55 59	-18.7	1.411	-2.00	-6.0	0.037	2.27
α Vir	13 25 06.8	+3.17	-11 09 13	-18.7	-0.278	-2.83	1.0	0.021	0.97
ζ Vir	13 34 37.0	+3.06	-0 35 18	-18.3	-1.899	4.21	-13.0	0.035	3.37
η UMa	13 47 28.9	+2.36	+49 19 15	-17.9	-1.249	-1.09	-11.0	0.035	1.86
η Boo	13 54 36.8	+2.86	+18 24 19	-17.9	-0.440	-35.83	0.0	0.102	2.68
α Dra	14 04 20.9	+1.63	+64 22 59	-17.1	-0.842	1.83	-13.0	0.011	3.65
π Hya	14 06 17.2	+3.43	-26 40 31	-17.2	0.328	-13.89	27.0	0.039	3.27
α Boo	14 15 35.6	+2.74	+19 11 25	-18.6	-7.714	-199.84	-5.0	0.090	-0.04
ϱ Boo	14 31 45.9	+2.59	+30 22 41	-15.7	-0.772	11.94	-14.0	0.025	3.58
γ Boo	14 32 01.1	+2.42	+38 18 53	-15.6	-0.966	15.32	-37.0	0.016	3.03
μ Vir	14 42 58.9	+3.17	-5 39 06	-15.5	0.729	-31.60	5.0	0.039	3.88
109 Vir	14 46 10.4	+3.04	+1 53 57	-15.0	-0.758	-2.64	-6.0	0.030	3.72
β UMi	14 50 42.5	-0.13	+74 09 42	-14.7	-0.763	1.22	17.0	0.031	2.08
α^2 Lib	14 50 47.7	+3.33	-16 02 08	-14.8	-0.734	-6.68	-10.0	0.049	2.75
β Boo	15 01 53.4	+2.26	+23 23 47	-14.1	-0.356	-2.78	-20.0	0.022	3.50
σ Lib	15 03 58.9	+3.52	-25 16 34	-14.0	-0.540	-4.30	-4.0	0.056	3.29
δ Boo	15 15 26.5	+2.42	+33 19 13	-13.3	0.689	-11.20	-12.0	0.028	3.49
β Lib	15 16 55.6	+3.24	-9 22 39	-13.1	-0.649	-1.91	-35.0	0.000	2.61
γ UMi	15 20 43.8	-0.06	+71 50 22	-12.8	-0.401	2.02	-4.0	0.003	3.05
ι Dra	15 24 53.7	+1.34	+58 58 17	-12.5	-0.117	1.73	-11.0	0.032	3.29
β CrB	15 27 46.0	+2.48	+29 06 39	-12.3	-1.369	8.63	-19.0	0.031	3.68
α CrB	15 34 37.5	+2.54	+26 43 11	-12.0	0.906	-8.86	2.0	0.043	2.23

csillag	RA h m s	ΔRA s/év	D ° ' "	ΔD "/év	μ_{RA} s	μ_D "	v_{rad} km/s	π "	m
γ Lib	15 35 26.5	+3.36	-14 47 05	-11.8	0.445	0.88	-28.0	0.033	3.91
ν Lib	15 36 56.0	+3.65	-28 07 49	-11.7	-0.069	0.27	-25.0	0.037	3.58
α Ser	15 44 11.6	+2.96	+6 25 49	-11.1	0.917	4.68	3.0	0.046	2.65
β Ser	15 46 07.1	+2.77	+15 25 35	-11.1	0.463	-4.50	-1.0	0.034	3.67
μ Ser	15 49 32.5	+3.14	-3 25 33	-10.8	-0.574	-2.40	-9.0	0.007	3.54
ε Ser	15 50 44.5	+2.99	+4 28 56	-10.7	0.858	6.28	-9.0	0.035	3.71
γ Ser	15 56 23.0	+2.77	+15 39 59	-11.6	2.158	-128.14	7.0	0.069	3.85
π Sco	15 58 45.7	+3.64	-26 06 36	-10.1	-0.084	-2.55	-3.0	0.010	2.89
δ Sco	16 00 14.7	+3.56	-22 37 03	-10.0	-0.085	-2.22	-7.0	0.000	2.32
β^1 Sco	16 05 21.0	+3.50	-19 48 05	-9.6	-0.039	-1.91	-1.0	0.009	2.62
δ Oph	16 14 16.0	+3.15	-3 41 26	-9.1	-0.294	-14.30	-20.0	0.029	2.74
ε Oph	16 18 14.5	+3.18	-4 41 20	-8.6	0.566	4.10	-10.0	0.036	3.24
τ Her	16 19 41.7	+1.81	+46 19 01	-8.5	-0.109	4.00	-14.0	0.027	3.89
σ Sco	16 21 05.8	+3.66	-25 35 22	-8.4	-0.076	-2.07	3.0	0.000	2.89
γ Her	16 21 51.2	+2.65	+19 09 24	-8.3	-0.330	4.32	-35.0	0.015	3.75
α Sco	16 29 18.9	+3.69	-26 25 44	-7.7	-0.071	-2.03	-3.0	0.019	0.96
β Her	16 30 09.3	+2.58	+21 29 34	-7.7	-0.702	-1.46	-26.0	0.017	2.77
τ Sco	16 35 47.3	+3.74	-28 12 47	-7.2	-0.064	-2.21	2.0	0.020	2.82
ζ Oph	16 37 04.6	+3.31	-10 33 51	-7.1	0.092	2.63	-15.0	0.003	2.56
η Her	16 42 50.7	+2.06	+38 55 30	-6.7	0.318	-8.25	8.0	0.053	3.53
κ Oph	16 57 35.8	+2.84	+9 22 38	-5.4	-1.969	-1.05	-56.0	0.026	3.20
ε Her	17 00 13.9	+2.30	+30 55 43	-5.1	-0.362	2.76	-25.0	0.022	3.92
ζ Dra	17 08 46.9	+0.18	+65 42 59	-4.4	-0.324	2.18	-17.0	0.017	3.17
η Oph	17 10 17.5	+3.44	-15 43 23	-4.2	0.260	9.50	-1.0	0.052	2.43
δ Her	17 14 58.2	+2.47	+24 50 27	-4.1	-0.151	-15.69	-40.0	0.034	3.14
π Her	17 14 59.7	+2.09	+36 48 39	-3.9	-0.215	0.36	-26.0	0.020	3.16
ϑ Oph	17 21 55.1	+3.69	-24 59 53	-3.3	-0.026	-1.99	-2.0	0.000	3.27
β Dra	17 30 23.9	+1.36	+52 18 09	-2.6	-0.171	1.48	-20.0	0.013	2.79
α Her	17 34 51.9	+2.79	+12 33 40	-2.4	0.822	-22.64	13.0	0.056	2.08
ξ Ser	17 37 30.0	+3.44	-15 23 52	-2.0	-0.289	-5.82	-43.0	0.026	3.54
ι Her	17 39 25.3	+1.70	+46 00 26	-1.8	-0.047	0.53	-20.0	0.005	3.80
β Oph	17 43 23.9	+2.97	+4 34 04	-1.3	-0.267	15.95	-12.0	0.023	2.77
μ Her	17 46 24.0	+2.35	+27 43 17	-1.9	-2.339	-75.12	-15.6	0.108	3.42
γ Oph	17 47 49.0	+3.01	+2 42 28	-1.1	-0.146	-7.39	-7.0	0.032	3.75
ξ Dra	17 53 30.2	+1.04	+56 52 22	-0.5	1.144	7.97	-26.0	0.031	3.75
ϑ Her	17 56 12.1	+2.06	+37 15 02	-0.3	0.036	0.64	-27.0	0.002	3.86
γ Dra	17 56 34.3	+1.40	+51 29 21	-0.3	-0.081	-1.94	-28.0	0.017	2.23
ξ Her	17 57 42.4	+2.33	+29 14 53	-0.2	0.642	-1.69	-2.0	0.018	3.70
ν Oph	17 58 56.6	+3.30	-9 46 25	-0.2	-0.044	-11.58	13.0	0.015	3.34
72 Oph	18 07 16.7	+2.85	+9 33 49	+0.7	-0.407	7.99	-24.0	0.037	3.73
σ Her	18 07 29.0	+2.34	+28 45 44	+0.7	0.009	0.95	-30.0	0.005	3.83
μ Sgr	18 13 40.4	+3.59	-21 03 34	+1.2	0.012	0.13	-6.0	0.012	3.86
δ Sgr	18 20 53.9	+3.84	-29 49 44	+1.8	0.271	-2.80	-20.0	0.039	2.70
χ Dra	18 21 05.0	-1.09	+72 43 56	+1.5	11.941	-34.95	32.5	0.120	3.57
η Ser	18 21 13.9	+3.11	-2 53 57	+1.2	-3.651	-70.03	9.0	0.054	3.26

csillag	RA h m s	ΔRA s/év	D ° ' "	ΔD "/év	μ_{RA} s	μ_D "	v_{rad} km/s	π "	m
109 Her	18 23 38.1	+2.56	+21 46 08	+1.8	1.407	-24.22	-58.0	0.016	3.84
λ Sgr	18 27 52.7	+3.70	-25 25 22	+2.2	-0.324	-18.52	-43.0	0.046	2.81
α Sct	18 35 07.5	+3.27	-8 14 43	+2.7	-0.102	-31.21	36.0	0.013	3.85
α Lyr	18 36 53.3	+2.03	+38 46 56	+3.5	1.726	28.61	-14.0	0.123	0.03
φ Sgr	18 45 33.8	+3.75	-26 59 33	+4.0	0.398	0.04	22.0	0.000	3.17
β Lyr	18 50 01.5	+2.22	+33 21 39	+4.3	0.026	-0.30	-19.0	0.000	3.45
σ Sgr	18 55 10.3	+3.72	-26 17 55	+4.7	0.099	-5.42	-11.0	0.000	2.02
ξ^2 Sgr	18 57 38.4	+3.58	-21 06 31	+5.0	0.235	-1.16	-20.0	0.011	3.51
γ Lyr	18 58 53.3	+2.25	+32 41 15	+5.1	-0.016	0.23	-21.0	0.011	3.24
χ Aql	19 05 20.5	+2.76	+13 51 40	+5.5	-0.035	-9.60	-25.0	0.036	2.99
λ Aql	19 06 10.2	+3.18	-4 53 06	+5.6	-0.115	-8.99	-12.0	0.025	3.44
τ Sgr	19 06 50.8	+3.74	-27 40 22	+5.5	-0.401	-25.05	45.0	0.038	3.32
π Sgr	19 09 40.5	+3.56	-21 01 34	+6.0	-0.001	-3.54	-10.0	0.016	2.89
δ Dra	19 12 33.3	+0.00	+67 39 32	+6.3	1.649	9.26	25.0	0.028	3.07
κ Cyg	19 17 04.1	+1.39	+53 21 56	+6.7	0.659	12.48	-29.0	0.023	3.77
δ Aql	19 25 25.4	+3.02	+3 06 42	+7.4	1.715	8.22	-30.0	0.062	3.36
ι^2 Cyg	19 29 40.1	+1.51	+51 43 36	+7.8	0.219	12.98	-20.0	0.005	3.79
β^1 Cyg	19 30 39.7	+2.42	+27 57 23	+7.7	0.015	-0.17	-24.0	0.017	3.24
γ Aql	19 46 11.3	+2.85	+10 36 34	+9.0	0.119	-0.18	-2.0	0.016	2.72
δ Sge	19 47 19.3	+2.68	+18 31 50	+9.1	0.048	0.83	3.0	0.001	3.82
α Aql	19 50 42.6	+2.93	+8 51 51	+9.7	3.629	38.63	-26.3	0.198	0.77
η Aql	19 52 23.8	+3.06	+1 00 06	+9.4	0.072	-0.71	-15.0	0.010	3.90
β Aql	19 55 14.4	+2.95	+6 24 11	+9.2	0.324	-48.19	-39.8	0.070	3.71
η Cyg	19 56 15.0	+2.25	+35 04 46	+9.7	-0.257	-2.74	-27.0	0.015	3.89
γ Sge	19 58 41.4	+2.67	+19 29 17	+9.9	0.465	2.37	-33.0	0.011	3.47
θ Aql	20 11 13.6	+3.09	-0 49 34	+10.9	0.256	0.44	-27.0	0.012	3.23
31 Cyg	20 13 35.1	+1.89	+46 44 12	+11.0	0.043	0.26	-8.0	0.007	3.79
α^2 Cap	20 17 58.3	+3.32	-12 32 58	+11.4	0.436	0.38	0.0	0.033	3.56
β Cap	20 20 55.6	+3.37	-14 47 10	+11.6	0.291	0.16	-19.0	0.010	3.08
γ Cyg	20 22 10.5	+2.15	+40 15 07	+11.7	0.035	0.03	-8.0	0.003	2.20
α Del	20 39 34.1	+2.79	+15 54 24	+12.9	0.455	-0.23	-3.0	0.008	3.77
α Cyg	20 41 22.8	+2.05	+45 16 30	+13.0	0.027	0.23	-5.0	0.000	1.25
η Cep	20 45 15.6	+1.21	+61 49 59	+14.1	1.229	81.85	-87.3	0.071	3.43
ε Cyg	20 46 09.0	+2.43	+33 57 52	+13.6	2.861	32.79	-11.0	0.044	2.46
ε Aqr	20 47 35.7	+3.24	-9 30 05	+13.4	0.235	-3.43	-16.0	0.015	3.77
ν Cyg	20 57 07.1	+2.24	+41 09 41	+14.0	0.109	-1.56	-28.0	0.010	3.94
ξ Cyg	21 04 52.6	+2.19	+43 55 19	+14.5	0.078	0.11	-20.0	0.007	3.72
ζ Cyg	21 12 52.4	+2.56	+30 13 15	+14.9	0.005	-5.57	17.0	0.021	3.20
α Equ	21 15 44.9	+3.00	+5 14 30	+15.0	0.394	-8.76	-16.0	0.013	3.92
α Cep	21 18 32.6	+1.43	+62 34 45	+15.3	2.181	4.94	-10.0	0.063	2.44
ζ Cap	21 26 34.9	+3.42	-22 25 04	+15.7	0.007	2.33	3.0	0.000	3.74
β Cep	21 28 38.5	+0.76	+70 33 15	+15.8	0.207	0.70	-8.0	0.014	3.23
β Aqr	21 31 28.8	+3.16	-5 34 40	+16.0	0.141	-0.82	7.0	0.006	2.91
γ Cap	21 40 00.5	+3.32	-16 40 09	+16.4	1.322	-2.35	-31.0	0.025	3.68
ε Peg	21 44 06.7	+2.95	+9 52 05	+16.6	0.207	-0.06	5.0	0.006	2.39

csillag	RA h m s	ΔRA s/év	D ° ' "	ΔD "/év	μ_{RA} s	μ_p	v_{rad} km/s	π "	m
δ Cap	21 46 57.5	+3.31	-16 08 03	+16.5	1.827	-29.66	-6.0	0.065	2.87
α Aqr	22 05 42.4	+3.08	-0 19 38	+17.6	0.131	-0.96	8.0	0.012	2.96
ι Peg	22 06 56.5	+2.80	+25 20 16	+17.7	2.200	2.46	-4.0	0.074	3.76
ϑ Peg	22 10 07.4	+3.03	+6 11 26	+17.8	1.852	2.71	-6.0	0.042	3.53
ζ Cep	22 10 48.2	+2.09	+58 11 38	+17.8	0.190	0.44	-18.0	0.019	3.35
γ Aqr	22 21 34.7	+3.10	-1 23 42	+18.2	0.877	0.70	-15.0	0.040	3.84
δ Cep	22 29 06.9	+2.24	+58 24 27	+18.5	0.191	0.14	-15.0	0.011	3.75
α Lac	22 31 13.8	+2.48	+50 16 29	+18.6	1.435	1.87	-4.0	0.036	3.77
ζ Peg	22 41 23.2	+2.99	+10 49 25	+18.9	0.546	-1.25	7.0	0.023	3.40
η Peg	22 42 55.9	+2.82	+30 12 48	+18.9	0.113	-2.54	4.0	0.017	2.94
λ Peg	22 46 27.5	+2.90	+23 33 28	+19.0	0.422	-0.99	-4.0	0.037	3.95
ι Cep	22 49 37.6	+2.15	+66 11 33	+19.0	-1.077	-12.50	-12.0	0.036	3.52
μ Peg	22 49 55.8	+2.90	+24 35 37	+19.1	1.076	-4.21	14.0	0.032	3.48
λ Aqr	22 52 32.2	+3.13	-7 35 15	+19.2	0.077	3.70	-9.0	0.012	3.74
δ Aqr	22 54 34.2	+3.18	-15 49 44	+19.2	-0.277	-2.54	18.0	0.039	3.27
α PsA	22 57 34.1	+3.30	-29 37 49	+19.1	2.551	-16.47	7.0	0.144	1.16
σ And	23 01 51.1	+2.77	+42 19 04	+19.4	0.204	-0.63	-14.0	0.015	3.62
β Peg	23 03 42.1	+2.92	+28 04 29	+19.6	1.431	13.74	9.0	0.015	2.42
α Peg	23 04 41.2	+2.99	+15 11 50	+19.4	0.436	-4.25	-4.0	0.030	2.49
88 Peg	23 09 22.0	+3.19	-21 10 50	+19.6	0.396	3.12	21.0	0.010	3.66
γ Psc	23 17 05.3	+3.11	+3 16 27	+19.7	5.090	1.70	-14.0	0.025	3.69
λ And	23 37 29.4	+2.95	+46 27 00	+19.5	1.567	-42.11	7.0	0.043	3.82
γ Cep	23 39 17.1	+2.50	+77 37 27	+20.1	-2.099	15.09	-42.0	0.064	3.21

Epocha: J1998.5 = 1998. július 2.625 = JD 245 0997.125

Extragalaktikus szupernóvák katalógusa

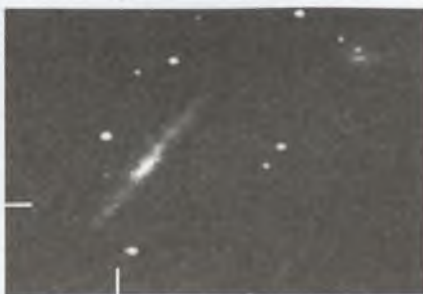
szupernóva jelölés	időpont	m típus	galaxis jelölés	RA h m	D ° ' "	m	felfedező
1983ab	09.04.	16.4B	névtelen	16 22.6	+36 45		Antipin
1985T	06.	18 R	névtelen	19 03.5	-65 37		McNaught
1986P?	06.	17	NGC 5763	14 49.0	+12 29	15	Mueller
1995be	07.	19 R	névtelen	15 58.2	+19 46		McNaught
1996A _e	12.	18 R II	névtelen	05 10.8	-03 00		Evans
1996B	01.	17.5 IIb	NGC 4357	12 24.0	+48 47	14	Gabrielcic
1996C	02.	16 V Ia	MCG +8-25-47	13 50.8	+49 20	16	Mueller
1996D	02.	17.5R Ic	NGC 1614	04 34.0	-08 35	12.9	Filippenko
1996E	02.	22.2R Ia	névtelen	10 10.3	-12 33		HZSST
1996F	02.	22.5R II	névtelen	10 50.1	-09 23		HZSST
1996G	02.	23.3R II	névtelen	12 28.9	-00 05		HZSST
1996H	02.	22.8R Ia	névtelen	12 28.9	-00 06		HZSST
1996I	02.	23.0R Ia	névtelen	12 00.7	-00 16		HZSST
1996J	02.	22.5R Ia	névtelen	10 10.6	-12 37		HZSST
1996K	02.	23 R Ia	névtelen	08 24.7	-00 21		HZSST
1996L	03.	18.5R IIIn	ESO 266-G10	11 38.6	-43 25	15.4	McNaught
1996M	02.	17.6R II	névtelen	12 51.3	-13 01		McNaught
1996N	03.	16 R Ib	NGC 1398	03 38.9	-26 20	9.7	Williams
1996O	02.	18 R Ia	MCG +3-41-115	16 06.0	+18 12	15.7	Evans
1996P	02.	17 Ia	NGC 5335	13 53.0	+02 50	14	Mueller
1996Q	03.	21.8R	névtelen	08 46.2	+00 07		HZSST
1996R	03.	20.6R Ia	névtelen	11 16.2	-01 12		HZSST
1996S	03.	22.5R II	névtelen	11 25.2	-35 27		HZSST
1996T	03.	21 R Ia	névtelen	10 05.5	-07 27		HZSST
1996U	03.	22.2R Ia	névtelen	11 50.6	+10 27		HZSST
1996V	03.	16.5R Ia	NGC 3644	11 21.5	+02 49	15	Mueller
1996W	04.15.	15.1V II	NGC 4027	11 59.5	-19 16	11.1	Li et al
1996X	04.	13 Ia	NGC 5061	13 18.1	-26 50	12	Evans
1996Y	04.	18.5	névtelen	11 21.6	+02 53		Mueller
1996Z	05.	14.2V Ia	NGC 2935*	09 36.7	-21 08	11B	Johnson
1996aa	03.	17 Ia	NGC 5557	14 18.4	+36 30	11.1	Johnson
1996ab	05.	18.5 Ia	névtelen	15 21.2	+27 55		Mueller
1996ac	04.	16.5 Ia	névtelen	12 24.2	+01 24		McNaught
1996ad	05.	18.5V	névtelen	15 59.1	+19 48		Evans
1996ae	02.	16.5 IIIn	NGC 5775	14 54.0	+03 33	11.4	Vagnozzi et al
1996af	06.	19.5V	névtelen	22 28.5	-68 59		MSACST
1996ag	06.	20.5V	névtelen	21 46.8	-43 42		MSACST
1996ah	05.	18 Ia	NGC 5640	14 20.8	+80 06	15	Mueller
1996ai	06.	13.8 Ia	NGC 5005	13 10.9	+37 03	9.8	Bottari
1996aj	06.	18.5V Ia	névtelen	13 29.1	-29 14		MSACST
1996ak	07.	18 II	NGC 5021	13 12.1	+46 12	14	Buil
1996al	07.	14 II	NGC 7689	23 32.7	-54 05	12	Evans
1996am	07.	19 V Ia	névtelen	21 46.1	-44 00		MSACST
1996an	06.	14 II	NGC 1084	02 46.0	-07 35	10.6	Aoki
1996ao	08.	19 V	névtelen	03 28.1	-52 54		MSACST
1996ap	08.	19.5V	névtelen	21 45.9	-57 09		MSACST
1996aq	08.	14.5R Ic	NGC 5584	14 22.4	-00 23	12	Aoki
1996ar	07.	18.5V Ia	névtelen	14 22.4	-02 13	15.3	Pollas

szupernóva jelölés időpont m típus				galaxis jelölés	RA h m	D °	m	felfedező
1996as	08.	17.5	II	névtelen	21 05.6	-52 23		Evans
1996at	09.	20.5R	Ic	névtelen	01 08.3	-00 58		HZSST
1996au	09.	22.5R	Ia	névtelen	03 12.8	+00 45		HZSST
1996av	09.	22.4R	Ia	névtelen	01 53.9	+00 16		HZSST
1996aw	10.	21.7R	Ia	névtelen	21 53.8	+00 03		HZSST
1996ax	10.	23.3R		névtelen	21 53.9	-00 03		HZSST
1996ay	10.	23.9R	Ia	névtelen	00 10.0	+00 54		HZSST
1996az	10.	24.0R		névtelen	00 15.2	+01 07		HZSST
1996ba	10.	23.5R	Ia	névtelen	01 08.7	-00 57		HZSST
1996bb	10.	23.6R	Ia.	névtelen	02 57.1	-02 42		HZSST
1996bc	10.	22.5R	Ia	névtelen	03 12.1	+00 38		HZSST
1996bd	10.	21.6R	Ia	névtelen	23 59.4	-00 56		HZSST
1996be	10.	22.2R	II	névtelen	02 12.0	+01 23		HZSST
1996bf	10.	21.5R	Ia	névtelen	02 12.3	+01 28		HZSST
1996bg	10.	22.0R	II	névtelen	00 52.9	-00 05		HZSST
1996bh	10.	22.8R	Ia	névtelen	01 11.5	-00 58		HZSST
1996bi	10.	23.0R	Ia	névtelen	01 52.6	+00 03		HZSST
1996bj	10.	22.6R	Ia	névtelen	02 11.8	+01 25		HZSST
1996bk	10.	13.9	Ia	NGC 5308	13 47.0	+60 58	11.3	Mazza
1996bl	10.	17.0V	Ia	névtelen	00 36.3	+11 24		Pollas
1996bm	10.	20.5V		névtelen	00 44.7	-63 45		MSACSST
1996bn	09.	18	Ia	UGC 3430	06 15.8	+64 26	15.1	Mueller
1996bo	10.	15.7R	Ia	NGC 673	01 48.4	+11 32	13	Li et al
1996bp	08.	18 R		MCG -6-04-53	01 35.3	-32 47	15	McNaught
1996bq	10.	18.7V		NGC 996	02 38.7	+41 39	14	Pollas
1996br	11.	18.5V		UGC 2058	02 34.9	+41 07	15.0	Pollas
1996bs	11.	18.7V		névtelen	02 44.8	+39 29		Pollas
1996bt	11.	16.5B	Ia	névtelen	06 52.0	+16 18		Berlind
1996bu	11.	17.3	IIp	NGC 3631	11 21.0	+53 10	10.4	Kushida
1996bv	11.	15.6	Ia	UGC 3432	06 16.3	+57 03	15.2	Li et al
1996bw	11.18.	17.2	II	NGC 664*	01 43.8	+04 14	14	Li et al
1996bx	11.	18.3V	Ia	névtelen	03 59.3	-53 22		MSACSST
1996by	12.	16.1	Ia	UGC 3379	05 58.4	+68 28	13.7	Li et al
1996bz	10.	19.3V		névtelen	02 31.4	+39 44		Pollas
1996ca	12.13.	16.5	Ia	NGC 7300	22 31.0	-14 00	12.9	Aoki
1996cb	12.	14	IIb	NGC 3510	11 03.7	+28 53	12.9	Aoki
1996cc	12.	14.9	II	NGC 5673	14 31.5	+49 58	14	Sasaki
1996cd	12.	18.5V	Ib/c	névtelen	07 57.3	+11 12		Pollas
1996ce	12.	18 V		MCG +5-31-167	13 16.3	+30 16	15	Pollas
1996cf	03.	22.7R	Ia	névtelen	10 48.8	+00 04		HRSS
1996cg	03.	22.5R	Ia	névtelen	08 24.2	+03 25		HRSS
1996ch	03.	24.1R	Ia	névtelen	11 59.6	-09 55		HRSS
1996ci	03.	22.3R	Ia	névtelen	13 45.9	+02 27		HRSS
1996cj	03.	23.5R	II	névtelen	13 47.6	+02 26		HRSS
1996ck	03.	23.0R	Ia	névtelen	12 48.6	-00 46		HRSS
1996cl	03.	24.0R	Ia	névtelen	10 57.0	-03 38		HRSS
1996cm	03.	22.7R	Ia	névtelen	15 30.2	+05 55		HRSS
1996cn	03.	22.6R	Ia	névtelen	13 48.5	+02 28		HRSS

Hibajegyzék

szupernóva jelölés időpont m típus	galaxis jelölés	RA h m	D °'	m	felfedező
1956C	= 1988 XB5 kisbolygó				
1977D 10. 16.5V	MCG +2-06-19	02 01.2	+11 44	15	Shao
1977I? 08. 18.0J	MCG -5-03-26	01 05.7	-27 54	15.5	McNaught
1978L? 08. 18 R	névtelen	20 42.9	-53 30		McNaught
1985C 02. 16.5B I	ESO 436-G36	10 31.5	-27 45	16.0	Spanhauer
1985D 02. 18.2B	ESO 264-G32	10 38.5	-46 03	14.6	Spanhauer
1992bk 11.14. 18 Ia	ESO 156-G08	03 42.0	-53 47	15.5	Wischnjewsky
1992bt 12. 16 R II	NGC 3780	11 36.6	+56 33	12	Treffers et al
1995bd 12. 18.2V Iap	UGC 3151	04 45.3	+11 04	16.5	Pollas

A táblázat az 1996-ben felfedezett vagy azonosított szupernóvákat tartalmazza. A szupernóva jelölése után a maximum időpontja áll, amely általában a szupernóva jelölésében szereplő évre vonatkozik. Az „e” jelzi a kivételeket. Ezek a szupernóvák a felfedezés előtti évben érték el maximumukat. Ha a jelölés után „?” szerepel, a szupernóvát csak egy felvételen sikerült azonosítani. Ezt követi a szupernóva maximális fényessége és típusa. A fényességértékek általában fotografikus magnitúdóban értendők. A B , V , R ill. J tartományban mért fényesség után a megfelelő fotometriai sáv betűje áll. A típusnál a pekuliáris színeképet p jelöli. Az anyaggalaxis koordinátái 2000-es epochára vonatkoznak. A fényesség jelölése a szupernóvákéval megegyező. A „*” olyan galaxisokat jelöl, amelyekben már több szupernóva-robbanást is észleltek. A felfedezők közül csak az elsőt tüntettük fel, illetve három kutatócsoportnál az észlelőprogram rövidített elnevezését adtuk meg: *HRSS* = *High Redshift Supernova Search*, *HZSST* = *High-Z Supernova Search Team*, *MSACSST* = *Mount Stromlo Abell Cluster Supernova Search Team*. A lista után egy hibajegyzéket is közlünk, melyben az 1994 és 1997 közötti Csillagászati évkönyvekben megjelent hibás adatokat korrigáljuk.



Az 1996W (balra) és az 1996ae (jobbra) szupernóva CCD felvételen (adataikat lásd a táblázatban)

A csillagászat legújabb eredményei

Darabok a Föld felől

A földi csillagászat egyik legfontosabb feladata az az, hogy megismerje az éjszakai égboltot. A csillagászat egyik legfontosabb feladata az, hogy megismerje az éjszakai égboltot. A csillagászat egyik legfontosabb feladata az, hogy megismerje az éjszakai égboltot.

Cikkek, beszámolók

Balázs Csillagászat

A csillagászat egyik legfontosabb feladata az, hogy megismerje az éjszakai égboltot. A csillagászat egyik legfontosabb feladata az, hogy megismerje az éjszakai égboltot. A csillagászat egyik legfontosabb feladata az, hogy megismerje az éjszakai égboltot.

A csillagászat egyik legfontosabb feladata az, hogy megismerje az éjszakai égboltot. A csillagászat egyik legfontosabb feladata az, hogy megismerje az éjszakai égboltot. A csillagászat egyik legfontosabb feladata az, hogy megismerje az éjszakai égboltot.

A csillagászat egyik legfontosabb feladata az, hogy megismerje az éjszakai égboltot. A csillagászat egyik legfontosabb feladata az, hogy megismerje az éjszakai égboltot. A csillagászat egyik legfontosabb feladata az, hogy megismerje az éjszakai égboltot.

A csillagászat legújabb eredményei

Tovább lassul a Föld

A globális felmelegedés újabb bizonyítékaként ismét közbe kellett iktatni egy másodpercet az időszámításba. Az *International Earth Rotation Service* ajánlására 1997. június 30-án $23^h 59^m 60^s$ után egy extra másodperc következett, és csak utána jött az 1997. július 1-je $00^h 00^m 01^s$. Ezzel a most közbeiktatott másodperccel az *UTC–TAI* különbség 31^s -ra növekedett.

Patkós László

IAU Circular 6619.

Balloncsillagászat

Nyári időszakban az Antarktiszról, illetve az Antarktisz légteréből végzett napmegfigyelések azzal az előnnyel járnak, hogy derült idő esetén több napon keresztül, folyamatosan végezhetők. A NASA egyik programja keretében 1996. január 7-én eredményes balloncsillagászati kísérletet hajtottak végre: egy héliummal töltött léggömb egy 80 cm-es távcsövet vitt fel 37 km magasra. Ez a távcső eredetileg az amerikai csillagháborús szervezet lézeres elhárító szolgálata számára épült 1 millió dollárért, majd 1991-ben leszerelték. Most a NASA kikölcsönözte, és egy vektor-magnetográffal összekapcsolva a Nap felszínén kialakuló flerek keresésére használta. A *Flare Genesis Experiment* során folyamatosan figyelték a Napot, és azokat a kisebb változásokat keresték a Nap mágneses terében, amelyek fler kialakulásához vezetnek.

Japán–amerikai ballonfelszállások is voltak a sarkvidéken, a műszerek az igen nagy energiájú kozmikus sugárzás színpéjét vizsgálták. A ballonok 15–20 napig tartó útja során a regisztrálás időtartama eléri a közepes szélességeken mérhető érték tízszeresét.

1996. szeptember 22-én az Egyesült Államok területén sikeres repülést hajtott végre a *Pronaos* nevű francia ballontávcső. Ezt a 2 m tükörátmérőjű, 2900 kg tömegű távcsövet 100 millió frankért fejlesztették ki a franciák. Ezúttal 32 és fél órát lebegett 40 km magasságban, miközben csillagászati meg-

figyeléseket végzett. A repüléssorozat egyelőre megszakadt, mert további fel szállásokra nincs pénz.

Almár Iván

Space News 1996. január, december; *Highlights in Space* 1996.

Hullócsillag-veszély novemberben?

A *Leonidák* meteorraj, mint ismeretes, arról nevezetes, hogy 33 évente igen látványos hullócsillag-záport produkál. Ennek oka, hogy a Föld ilyenkor halad át a *Tempel–Tuttle* üstökös körüli meteorfelhőn. Legutóbb 1966 novemberében, a csúcsidőben megfigyelt hullócsillagok száma elérte a százezret óránként. Akkor, 1966-ban még kevés mesterséges hold keringett a Föld körül, ütközéssel komolyan nem kellett számolni.

Legközelebb 1998–1999-ben kerül a Föld a meteorfelhőbe, s most már százával keringenek körülöttünk értékes műholdak, amelyeknél még egy alig néhány mikrogrammos meteorit becsapódása is kárt okozhat. A parányi meteorok átlagsebessége 72 km/s! Ha 1998. november 17-én a meteortevékenység a várakozásoknak megfelelően alakul, vagyis csúcsidőben másodpercenként 3–40 hullócsillag látszik majd, akkor számolni kell azzal, hogy minden ezredik 10 négyzetméternyi felületre jut egy-egy találat. A nagyméretű nemzetközi űrállomás, amelynek első elemei addigra már pályán lesznek, szinte biztosan találkozódik majd meteorokkal.

Eddig egyetlen esetet jegyzett fel az űrkutatás története, amikor valószínűleg meteor ütközött mesterséges holddal: 1993-ban egy a Perseidákhoz tartozó meteor valószínűleg eltalálta az *Olympus* nevű távközlési holdat és rövidzárlatot okozott.

Almár Iván

Space News 1996. december; *Highlights in Space* 1996.

Amatőr távcső és a műholdak képei

Egy a fejünk felett átvonuló műhold szerkezetét távcsővel megnézni izgalmas, de nehéz feladat. A műholdak gyors mozgását nyilván csak nagy látómezejű kézi távcsővel lehet követni, ezek azonban még pontszerűnek mutatják a legnagyobb űrállomásokat is. A nagy csillagászati távcsövek viszont nem ilyen célra szolgálnak, különben is látómezejükön villanásszerűen vonulnak át a holdak. Erre a célra alkalmas speciális műholdkövető távcsövekkel eddig csak a katonák rendelkeztek, akik költséget nem kímélve törekedtek arra,

hogy megvizsgálhassák az ellenfél katonai holdjainak részleteit. Most az Egyesült Államok bostoni tudományos múzeumának *Gillilaud obszervatóriuma* piacra dobott egy a kíváncsiságot kielégítő távcsövet a műholdkövető szoftverrel együtt.

A képet a távcsőhöz tartozó videokamera CCD-je készíti; a képek nyugodt légköri viszonyok között fantasztikus részleteket mutatnak. Különösen a Mir űrállomás jó célpont, de sok rakétafokozatot és katonai holdat is lefényképeztek már. A pályaelemek az Interneten hozzáférhetők, és a megvásárolható szoftver segítségével a távcső pontosan követi azt a műholdat, amelynek pályáját betáplálták memóriájába. (A légsűrűség és a légellenállás változásainak hatása természetesen csak korlátozott mértékben prognosztizálható.) Mivel bármely pillanatban mintegy 800 műhold tartózkodik fölöttünk az égen, és ezek közül legalább 80 van alacsony pályán, megfelelő égi célpontokban nincs hiány.

Almár Iván

Space News 1996. augusztus

Japán űr-VLBI holdja

Az egykori szovjet űrkutatási programból nemzetközi vállalkozásként megmaradt ugyan a *Rádióasztrol* nevű rádiócsillagászati hold, amely elsőként kapcsolta volna össze a földi VLBI rádiótávcsöveket egy a Föld körül igen elnyúlt pályán keringő, 10 m átmérőjű rádiótávcsővel, de felbocsátását évek óta halogatják. Japán hasonló terve később indult, de előbb valósult meg: 1997. február 12-én Mu hordozórakétájával felbocsátotta a maga űr-VLBI holdját.

A 830 kg-os japán hold korábban *VSOP (VLBI Space Observatory Programme)*, illetve *MUSES-B* néven szerepelt, majd felbocsátása után új neveket kapott: japán neve *Haruka* („távoli”), nemzetközi elnevezése pedig *HALCA (Highly Advanced Laboratory for Communications and Astronomy)*. Február 28-án kinyílt a hold 8 m átmérőjű, aranyozott molibdén hálóantennája, amelyet 6 rúd feszített ki.

A végleges pálya perigeuma 575, apogeuma 21 400 km magasságban van. A berendezés három frekvencián (1,6, 5 és 22 GHz) működik, és mintegy 40 földi VLBI obszervatóriummal figyeli egyidejűleg, korrelált módon a kozmikus rádióforrásokat (aktív galaxismagokat, kvazárokat, rádió-mézereket, fekete lyukakat, a Tejútrendszer középpontját stb.). Némi technikai problémák után május 7-én sikerült az első jelet regisztrálni egy halvány kvazárról.

A több évig tartó mérésorozat célja a VLBI mérések bázisvonalának növelése a Föld méretei szabta korlátokon túl, mintegy 27 000 km-es hosszig.

Ezáltal a felbontóképesség az ívmásodperc ezredrészénél jobb lehet. A kísérletekben részt vesz az Egyesült Államok, Kanada és Oroszország is.

A kozmikus rádióforrások égi koordinátáinak minden eddiginél pontosabb meghatározása egy a Föld felszínétől független megfigyelőhelyről elvileg új lehetőség a geodézia számára is. A penci KGO munkatársai hívták fel a figyelmet arra, hogy ez a technika alkalmas a Földhöz rögzített és az inerciális koordinátarendszerek közvetlen összekapcsolására. A részletesen kidolgozott magyar javaslat be is került a japán VLBI hold programjába (lásd FREY SÁNDOR: *Rádiógalaxisok és kvazárok: égi háromszögelési pontok* című cikkét is).

Almár Iván

Space News 1997. március, június

Víz a Holdon?

A *Clementine*-űrszonda 1994-ben Hold körüli pályán mozogva két hónapon keresztül radartérképeket készített. A radarképek analízise nemcsak a pontos domborzati viszonyokat, de a vizsgált felületek anyagi minőségét is elárulja. A mérések szerint a Hold felületét vastagabb-vékonyabb rétegben por borítja, de a déli sark közelében valami mást is találtak.

Az *Aitken-medence* legmélyebben fekvő részeiről visszaverődő jeleket úgy lehet értelmezni, hogy a medence alját összesen 16 000 km² területen 5–10 m vastagságban vízjég borítja.

Ez nagyon meglepő dolog, de az azért nem mondható, hogy ne lennének előzményei. Még 1961-ben megjelent egy publikáció, miszerint, ha van jég a Holdon, akkor ez a jég a pólusok közelében, ahol közvetlen napfény sohasem éri, megmaradhat.

A kérdés az, hogyan kerül víz a Holdra? Erre a kérdésre egy a 70-es években megjelent cikk válaszol; szerinte a Hold felületébe becsapódó üstökösök, meteorok rengeteg vizet juttatnak a Holdra. Ennek nagy része persze elpárolog, de a sarkok közelében akár meg is maradhat.

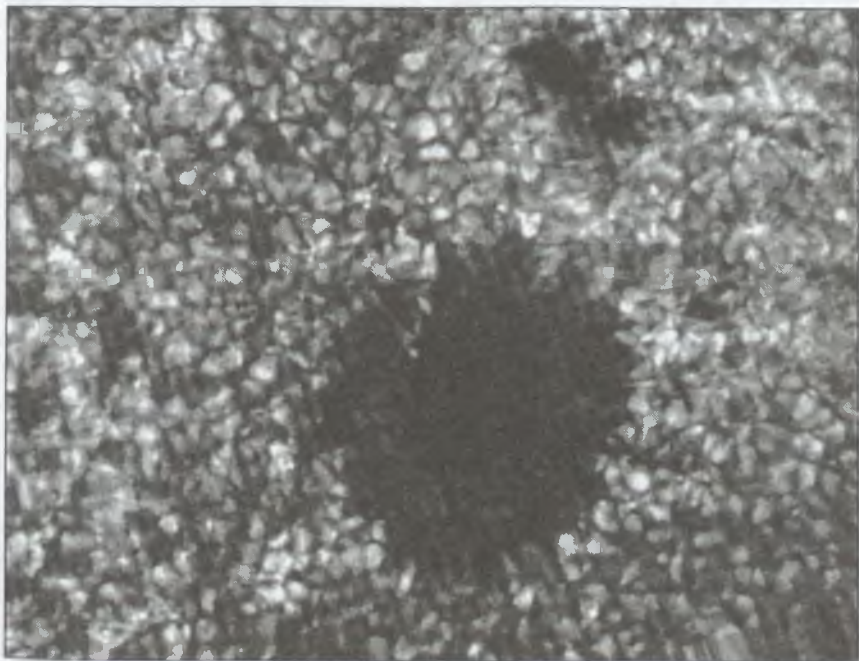
Az igazság kedvéért azért el kell mondani, hogy a radarjelek fenti értelmezése csak a legvalószínűbb lehetőség, más magyarázatok is elképzelhetők. A pontosabb választ most az 1998. januárban felbocsátani tervezett *Lunar Prospector* műholdtól várják.

Patkós László

Science News 1997. január

Vannak-e fluxuscsövek a Nap fotoszférájában?

Különböző megfigyelések alapján régóta ismert, hogy a Nap fotoszférájában megfigyelhető mágneses háttér-terek (amelyek nem a napfoltokban találhatók) 1000–2000 gauss erősségű kisméretű csomókba koncentrálnak. Elméletileg a konvekció, a granuláció mozgása a granulák határára sodorja ki a mágneses teret, amely egy instabilitás hatására koncentrálnodik és felerősödik az említett értékre. Általánosan elfogadottá vált, hogy a napfoltokon kívüli terek kb. 200 km átmérőjű, kilogauss térerősségű fluxuscsövekből állnak. Ezeket fényképeken mint apró, fényes pontokat (*filigrée*) lehetett megfigyelni a granulák közti sötétebb részekben. (A napkorong közepén egy ívmásodperc látószög kb. 750 km-nek felel meg, a granulák átlagos mérete pedig 1000 km körüli.)



1.1. ábra. Napfolt és granuláció a fotoszférában. A La Palma-i svéd vákuumtávcsővel a CH molekulaszáv hullámhosszán 430.5 nm-nél készített CCD felvétel 1994. június 14-én, amelyen a folt melletti granulációban jól láthatók az apróbb, fényesebb struktúrák (*filigrée*), ezek mágneses tér jelenlétére utalnak

A világ pillanatnyilag egyik legjobb naptávcsövével, a La Palmán 2400 m magasságban felállított svéd vákuumtávcsővel végzett megfigyeléseket T. E. BERGER és A. M. TITLE, hogy a fényes pontok viselkedését tanulmányozzák. A távcső kimenetére fényosztókkal három CCD kamerát tettek. Az egyik a kalcium K vonalában, a másik a CH molekulásáv hullámhosszán 430.5 nm-nél készített képeket, a harmadik mágneses tér méréshez szükséges képsorozatot vett fel. A sorozatfelvételeknél a videoképeket egy munkaállomás egyidejűleg értékelte, és egy (beállítható) 10 másodperces intervallumon belül a legkontrasztosabb képet írta mágneskazettára. Ezek után a képeken a légkör által okozott maradék geometriai torzítást mozgó közepeléssel korrigálták, így az ívmásodperc törtrésze pontosságú és felbontású képsorozatokat kaptak.

A feldogozott megfigyelési sorozat 10 óra hosszú, 1994. június 14-én készült egy kisebb aktív vidékről, amely egy közepes foltot és néhány pórust tartalmazott. A mozgóképsorozatokon a fényes pontok (a mágneses tér csomói) éppolyan dinamikusan változnak, mint a granuláció. A granulák közti sötétebb terekben 0.5–5 km/s sebességgel mozognak, alakjukat gyorsan változtatják, élettartamuk nagyjából a granulákéval azonos (6–8 perc). A megfigyelések alapján tehát nem felel meg a valóságnak a stabil, elszigetelt, ívmásodperc alatti méretű mágneses fluxuscsőről alkotott elképzelés. Mint látható, megfelelő műszerekkel a földfelszínről is lehet kiváló megfigyeléseket végezni.

Kálmán Béla

Astrophysical Journal 1996. május

A SOHO első eredményeiből

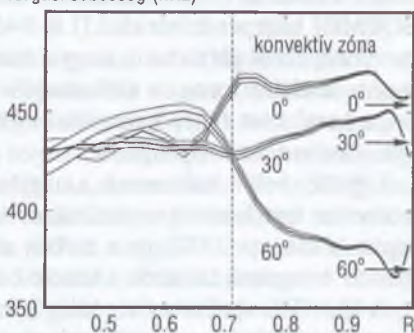
A Nap fizikájának kutatásában jelentős szerepet játszik a *SOHO* nevű űrszonda (*Solar and Heliospheric Observatory*), melynek feladata a Nap és a helioszféra (a Nap befolyási övezete, amelyen belül a napszél a meghatározó) kutatása. A SOHO 1995. december 2-án indult, egy Atlas II rakétával. 1996. február 14-én érte el állomáshelyét, amely az *L1* librációs pont környezete a Nap és a Föld között, kb. 1.5 millió kilométerre a Földtől. Maga a librációs pont nem megfelelő, mert ekkor az űrszonda pontosan a Nap előtt lenne látható, és a Nap rádiósugárzása zavarná a kapcsolattartást, ezért a SOHO egy *halo-pályán* mozog az *L1* pont körül: a Naphoz és a Földhöz rögzített koordinátarendszerben, egy olyan ellipszisen, melynek félátmérője az ekliptika síkjában a Nap–Föld irányban 200 000 km, arra merőlegesen 650 000 km, az ekliptikára merőlegesen szintén 200 000 km, periódusa fél év. Ennek a pályának sok előnye van: a SOHO Naphoz viszonyított radiális sebessége lassan

és folytonosan változik, ami fontos a helioszeizmológiai mérések miatt; kívül van a Föld magnetoszféráján, ami a napszél részecskeáramának zavartalan mérését engedi, és folyamatosan látja a Napot, ami a folytonos megfigyelések szempontjából fontos.

A SOHO műszerei három csoportra oszthatók: a Nap rezgéseit (helioszeizmológia), a felső naplégkört (kromoszféra, korona) illetve a napszelet vizsgáló eszközökre. Az első csoportba tartoznak a *GOLF* (ez a teljes napkorongról érkező fény színképvonalainak Doppler-eltolódásából az $l = 0 - 3$ harmonikusokat méri), a *VIRGO* (a teljes napkorong fényingadozásából és 12 részre osztva a részletek fényességméréséből az $l = 0 - 7$ harmonikusokat határozza meg) és a *SOI/MDI*, amely nagy felbontással (1–2 ívmásodperc) egészen a 4500. harmonikusig tud mérni, emellett mágneses tér meghatározására is használják. A második csoport a *SUMER* és *CDS*, amelyek spektrométerek az 50–160 és 15–80 nm tartományra; az *EIT* és a *LASCO*, amelyek képet alkotnak egyrészt a kromoszféra és a korona színképvonalaiiban (EIT) vagy a fotoszféra letakarásával a napkorona külső vidékeiig (*LASCO*) (M2. színes ábra); továbbá az *UVCS* és a *SWAN*, amelyek a napkorona egyes fényes ultraibolya vonalainak profilját mérik (*UVCS*) vagy a hidrogén Lyman- α vonalának intenzitását (*SWAN*). A harmadik csoportba tartoznak a SOHO tartózkodási helyén mérhető napszél-részecskeáram analizátorai, a *CELIAS*, *COSTEP* és *ERNE*, amelyek 0.1 keV-től 540 MeV-ig mérik és analizálják a napszél részecskéit és a kozmikus sugárzást.

A SOHO összes műszere jól működik a kezdeti apró nehézségek után, és a Solar Physics 1997. januári száma 11 cikket közöl (összesen 107 szerzőtől), amelyben az első eredmények egy részét írják le. A *VIRGO* méréseiből nagyon nagy pontossággal sikerült a Nap p-módusú oszcillációinak (lásd *Csillagászati évkönyv 1983*) frekvenciáit megmérni, hála a folytonos és nagy pontosságú méréseknek. Az $l = 0-7$ módusok főképp a Nap magjához közeli részekről adnak információt. Az eredmények elég jól megfelelnek a jelenleg

forgási sebesség (nHz)



1.2. ábra. A differenciális rotáció változása a mélységgel és a heliografikus szélességgel.

A Nap anyagának forgási sebessége a *SOI/MDI* frekvenciaméréseiből a közepes l rezgési (0–300) módusokra.

A görbék három különböző szélességre mutatják a forgási sebességet a középponttól való relatív távolság függvényében, a hibahatárokkal együtt. A jobboldali nyilak a felszínen mért forgási sebességet mutatják az adott szélességen

elfogadott napmodelleknek. Ezenkívül a VIRGO napállandó-mérései megerősítették az aktív vidékek korábról már ismert hatásait, miszerint a napfoltok néhány tized százalékos csökkenést okoznak, de ezt a körülöttük lévő fáklyák hatása részben ellensúlyozza. A felszín alatti rétegekben, kb. a Nap sugarának 0.4 részétől kifelé határozható meg a Nap anyagának forgási sebessége a SOI/MDI közepes felbontású ($l = 0-300$ módusok) frekvenciaméréseiből. Az eredményekből jól látható, hogy a belső sugárzási zóna (kb. 0.65 napsugárig) merev testként forog, a differenciális rotáció csak a konvektív zónában lép fel, a kettő közt fellépő sűrűlási turbulencia éles csúcsot ad a hangsebesség változásában 0.67 napsugárnál.

Ugyanennek a műszernek a nagyfelbontású méréseit fel lehet használni a közvetlen felszín alatti struktúrák és áramlások meghatározására is (lásd *Csillagászati évkönyv 1977*), de a csekély aktivitás miatt egyelőre csak a szupergranuláris mozgások láthatók a közöttük.

A SUMER spektrométer több mint 2000 színekpontonlat talált a Nap ibolyántúli színekében, köztük sok olyat is, amelyeket eddig még nem sikerült kimutatni. Stabilitása és nagy felbontása lehetővé teszi a vonalprofilok vizsgálatát, ezáltal fizikai paraméterek meghatározását a Nap felső légkörében. A Nature 1997. április 24-i számában már beszámoló olvasható arról, hogy a kromoszféra egyes helyein rövid ideig (két–három percig) tartó, nagy sebességű (~ 100 km/s), ellentétes irányú plazmaáramlásokat találtak a SUMER megfigyelési anyagában, ezt ismét a mágneses erővonalak átkötődésével magyarázzák, ez a folyamat a naplégkör fűtésében nagy szerepet játszik. Hasonlóan jó teljesítményt nyújt a CDS is, amely az eddig ritkán megfigyelt távoli ibolyántúli (EUV) tartományban számos ion vonalát figyelte meg. E vonalak összehasonlításai a hőmérséklet és sűrűség meghatározását teszik lehetővé. Máris 50–100 km/s sebességű áramlásokat sikerült kimutatni a kromoszféra és a korona közti átmeneti rétegben.

Az ERNE nagyenergiájú részecskedetektor méréseiből kiderült, hogy a nagyon nyugodt időszakokban is előfordulnak nagyenergiájú protonáramok, sőt egy ilyen részecskeáramot, amely szokatlanul gazdag volt ^3He atommagokban, sikerült visszakövetni forrásáig, egy kisebb aktív vidékig.

Kálmán Béla

Internet: <http://www.sohowww.nascom.nasa.gov>

A Nap hőmérsékletváltozásai

A földi klímaváltozások szempontjából nagyon fontos tudni, hogy mennyire állandó a „napállandó”, a Napból folyamatosan hozzánk érkező sugárzási

energiaáram. Az esetleges változásoknak több oka lehet: a Nap effektív hőmérsékletének megváltozása (foltok, fáklyák változásai miatt), a Nap méreteinek megváltozása, vagy elképzelhető, hogy a Nap felületi fényessége függ a heliografikus szélességtől, és ez a függés változik a naptevékenységi ciklus során. A legvalószínűbb az első ok, a hőmérsékletváltozás, de ennek kimutatása sem egyszerű. D. F. GRAY és W. C. LIVINGSTON a Nap színképében 538 nm hullámhossznál található színképvonal és szomszédai (537.9 és 538.1 nm) 14 éven át tartó megfigyelésével próbáltak választ kapni a kérdésre.

A szóban forgó színképvonal a semleges szénatom (C I) vonala, amely a fotoszféra mély rétegeiben keletkezik, a folytonos színképpel azonos mélységben, ezért a fáklyák változásai nem zavarják. A „szomszédok” Fe I (537.9 nm) és Ti II (538.1 nm) vonalak. Mindhárom vonal mélysége másképp változik a hőmérséklettel (a C I nő, a Fe I csökken, a Ti II nagyjából változatlan), ezért a C I/Fe I és C I/Ti II hányadosokból a hőmérsékletváltozások a fok törtrésze pontossággal meghatározhatók. A megfigyeléseket a Kitt Peak-i nagy nap-távcső (*Csillagászati évkönyv 1977*) spektrométerével végezték 1978 júliusa és 1992 szeptembere közt, minden hónap első néhány napján, összesen 553 napon.

A mért vonalmélység-arányokat még meg kellett szabadítani a szisztematikus hibáktól, amiket pl. a Nap látszó átmérőjének éves változása, a légköri vízgőz mennyisége vagy a szórt fény okoz. A korrekciók után egy kb. 0.5%-os amplitúdójú ingadozás volt kimutatható, amely nagyjából a műholdas napállandó-mérésekkel és a Nap aktivitását jellemző K-indexszel párhuzamosan változik. Hőmérsékletre átszámolva ez 1.5 K fotoszférikus hőmérsékletkülönbséget jelent naptevékenységi maximum és minimum közt. Ezenkívül az 1978–92-es időszakra kimutatható volt egy igen lassú, évenkénti 0.014 K-es melegedés is. Ez is lehet az egyik magyarázata a Földön megfigyelt általános klíma-melegedésnek, de a vizsgált időszak még nagyon rövid. Más csillagokon megfigyelt aktivitással összehasonlítva a Nap általános változásai nagyon kicsik. Ennek a csillagaktivitási elméletek kidolgozásánál van jelentősége.

Kálmán Béla

Astrophysical Journal 1997. január

Hőmérsékletek a napkoronában

A napkorona néhány millió fokok hőmérséklete már századunk közepe óta ismert, a mesterséges holdakról végzett mérések azonban folyamatos és részletes adatokat szolgáltatnak mind a nyugodt, mind az aktív napkoronában uralkodó viszonyokról. A földi légkörön kívül a szórt fény hiánya miatt a fényes

fotoszféra egyszerű letakarásával láthatóvá válik a korona, a röntgen hullám-hosszakon végzett képi és színeképi megfigyelésekkel pedig a napkorongon is tanulmányozható, mivel hőmérsékleti sugárzása ebbe a tartományba esik. A nagyon sikeres japán *YOHKOH* mesterséges hold 1991 szeptembere óta végzi megfigyeléseit, műszerei közé tartozik a „lágy” röntgentartományban (0.3–4.5 nm) képet rögzítő *SXT* (*Soft X-ray Telescope*), a „kemény” röntgentartományban (14–93 keV) képet alkotó *HXT* (*Hard X-ray Telescope*) és a *BCS* (*Bragg Crystal Spectrometer*), amely a Fe XXVI, Fe XXV, Ca XIX és S XV ionok 0.1–0.6 nm közé eső rezonancia-vonalait figyeli. (Az első ion elektron-szerkezete a hidrogénatoménak, a másik háromé a semleges héliumatoménak felel meg.)

Az *Astrophysical Journal* 1997. április 1-jei számában három cikk is foglalkozik a napkorona fizikai folyamataival. Az egyikben A. C. STERLING a BCS-sel végzett méréseket ismertet. Ez a műszer nem alkot képet, hanem az egész napkorongot figyeli. A jelenlegi minimumban azonban előfordult, hogy egy darabig (1996. március 22–24. közt) csupán egy aktív vidék volt a Napon, és a mért sugárzás mind ebből származott. Az aktív vidék feletti mágneses erővonal-hurkokban lévő plazma hőmérsékletére az S XV ion színeképvonalalaiból nyugodt körülmények közt 5.5–6.2 millió K (MK) adódott. Hasonló értékeket kapott P. J. CARGILL és J. A. KLIMCSUK, akik az SXT különböző szűrőkkel készített képeinek összehasonlításával (tehát gyakorlatilag színindexből) határozták meg az aktív vidékben lévő hurkok fizikai állapotjelzőit, 1.88 és 7.25 MK közti hőmérsékleteket kapva. Szerintük a melegebb ($T > 4$ MK) hurkok fűtése magyarázható mágneses terekkel, „nanoflerekkel”, de a „hidegebb” (2 MK) hurkokra ez az elmélet nem jó, sőt ezek egyáltalán nem lehetnek egyensúlyi állapotban, tehát különböző típusú hurkok létezhetnek.

Egy fler lefolyását analizálják S. CUNETÁ és kollégái. A jelenség 1992. január 13-án a napkorong peremén zajlott le, így magassági szerkezete is meghatározható volt. Az SXT és HXT megfigyelések szerint a flerben kifényesedő mágneses erővonal-hurok tetején kialakul egy forró (15–20 MK) kifényesedés, amely fokozatosan kettéoszlik, de a két rész közt megfigyelhető egy még sokkal forróbb (100–150 MK) térfogat is. A szerzők a megfigyelést a mágneses erővonalak átkötődésével magyarázzák, amely a fler energiáját szolgáltatná, és az ez által táplált lökéshullámok hevítenék a korona plazmáját ilyen magas hőmérsékletekre.

Kálmán Béla

Űr-időjárás előrejelzés

Néhány éve új szó jelent meg a kutatók szótárában, az űr-időjárás. A napfizika, geofizika és űrkutatás határterületeit egyesítő fogalom a Föld kozmikus környezetének állapotát jelenti. Valójában a Nap elektromágneses és részecskesugárzását, a napszél tulajdonságait (sebesség, sűrűség, mágneses tér), a napszél által kialakított és állandóan befolyásolt magnetoszféra és felsőlégkör helyzetét, valamint a földi mágneses tér alakulását. A *boulderi világadatközpont* (USA, Colorado) WWW lapján ma is állandóan hozzáférhetőek ezek az adatok (<http://www.sel.bldrdoc.gov/today.html>). Az űr-időjárás nagyon lényeges a mesterséges holdak működésében, és a mindennapi életben is, mivel a mágneses holdak, a földi mágneses tér hirtelen ingadozásai komoly zavarokat okozhatnak az elektromos hálózatokban, elsősorban Kanada és az USA keleti partvidékén, a Föld mágneses pólusához közel. Ezért lenne fontos ezek előrejelzése.

A *SOHO* űrszonda *LASCO* koronográfja segítségével 1997-ben (e sorok írásáig) két alkalommal is sikerült napokkal előre jelezni a várható mágneses vihart. Januárban egy napfoltokat nem is tartalmazó kisebb aktív vidék felett lezajló *koronakitörés* (*CME, Coronal Mass Ejection*) indított el egy „buborékot” a napszélben, áprilisban egy közepes flerből kiinduló lökéshullám zavarta meg a napszelet, és ezáltal a Föld mágneses terét. Az eddig is ismert volt, hogy koronakitörések vagy flerek után egyes esetekben jelentkezik mágneses vihar, de nem volt mód annak megállapítására, hogy indultak-e részecskék a Föld felé. Most januárban a *LASCO* mutatta a napkorong körül sugárirányban kifelé terjedő koronatránzienszt, ami azt jelentette, hogy egyenesen a Föld felé tart. Áprilisban a fleren, a belőle kiinduló lökéshullámon és koronatránziensen kívül a részecskék rádiósugárzását is észlelte egy másik űrszonda, a *WIND* (amely szintén az *L1* pont körül tartózkodik), és ebből sebességük is meghatározható volt.

Az előrejelzések eljutottak a sajtóba, rádióba is és néhány hangzatos hírt eredményeztek, nem kis riadalmat keltve. A boulderi központtól például megkérdezték, hogy nem kell-e esetleg leállítani az Atlanti-óceán feletti repülőforgalmat a mágneses vihar várható idejére. Debrecenben pedig a Napfizikai Obszervatóriumot egy számítógépes szakember hívta fel, hogy be merjen-e indítani egy hosszabb ideig tartó programot, a hírekben hallott várható hálózati zavarok ellenére. A valóságban semmi baj nem történt, mivel a hírközlő szerek „elfelejtették” megemlíteni, hogy az előrejelzésben az is szerepelt, hogy a mágneses vihar nagyon átlagos lesz (még messze vagyunk a naptevékenységi maximumtól) és azt, hogy „eddig nem voltak olyan műszerek, amelyek ezt

megmutatták volna” úgy közölték, hogy „eddig még senki nem látott ekkora kitörést”, ami nem egészen ugyanaz. A valódi tudományos szenzáció, hogy pár nappal előre, pontosan megjósoltak egy-egy mágneses vihart, elsikkadt, de a nagyközönség tudatára ébredt a naptevékenység hatásainak, a kutatók pedig megtanulták, hogy óvatosan kell fogalmazni.

Kálmán Béla

Internet: <http://www-istp.gsfc.nasa.gov/istp/>

Rádiójelek a helioszféra külső határáról

A Voyager-űrszondákon egy plazmahullám-detektort (*PWS*) is elhelyeztek, amely alacsonyfrekvenciás rádióhullámokat és elektromos tereket mér. Eredetileg a külső bolygók magnetoszférájában fellépő plazmahullámokat akarták megfigyelni, de 1980 augusztusában, amikor a Voyager–1 már kb. 18 AU-ra volt a Naptól, gyenge rádióhullámokat észlelt 3 kHz körül, ami a helyi plazmafrekvenciánál valamivel nagyobb. Utánanéző, a Voyager–2 is észlelte ezt a rádiósugárzást valamivel beljebb (12.7 AU-nál) és a Naprendszer egészen más helyén, ez a jelek helioszférikus eredete mellett szólt. Az 1982–1995 évek plazmahullám-megfigyeléseit összerakva, két időszakban volt szokatlanul intenzív ez a rádiósugárzás, egyszer 1983–84 fordulója körül, másodszor 1992 végén–1993 elején. Mindkét esetben a rádiósugárzás kb. 400 nappal azután következett be, hogy a Napon rendkívüli aktivitás volt megfigyelhető, amely komoly zavarokat okozott a napszél szerkezetében és a két, ez idáig legmélyebb, Forbush-csökkenést okozta a kozmikus sugárzás erősségében. Ezért a kutatók azt feltételezik, hogy a napszélben kifelé terjedő lökeshullámok ütközése a helioszféra külső határával váltja ki a rádióhullámokat, legvalószínűbben a heliopauza távolságában, a Naptól 110–160 AU-ra. Ezek a megfigyelések az elsők, amelyek közvetlenül hírt adnak a helioszféra (a Nap befolyási övezete) külső határáról.

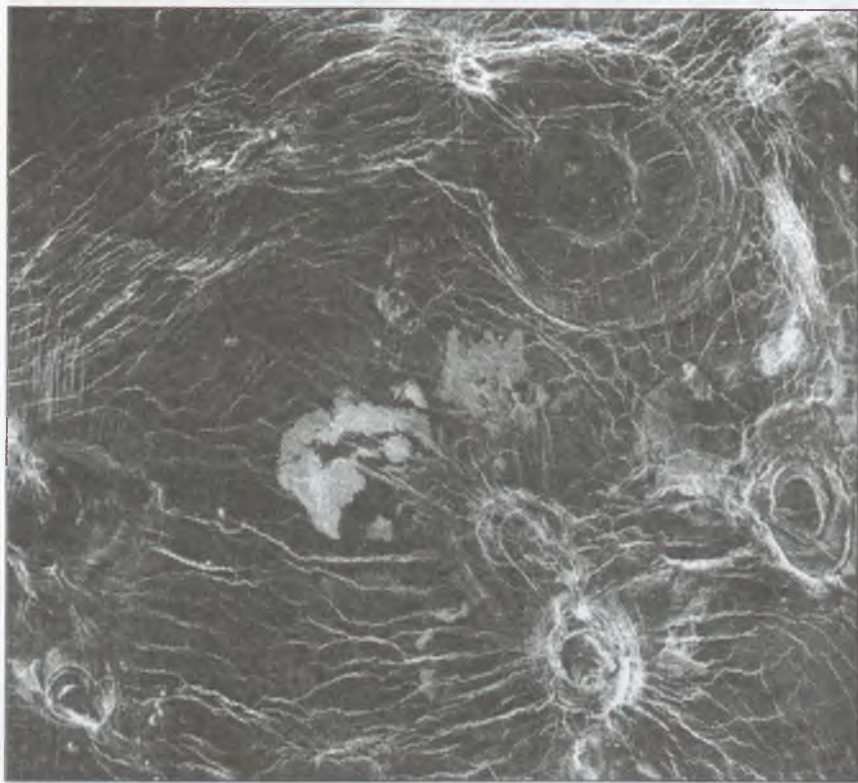
Kálmán Béla

Space Science Reviews 1996. október

Lágylemez-tektonika a Vénuszon

A *Magellan*-szonda radartérképei és gravitációs mérései alapján a Vénusz koronáit két csoportba kell sorolni. Azok, amelyeknél nincs gravitációs anomália, forró magma-feláramlásokkal lehetnek kapcsolatosak, ahogy eddig is magyarázták ezek keletkezését. Főleg a nagyobbaknál azonban a korona (vagy

chasma) egy-egy szegmenséhez pozitív gravitációs anomália tartozik, és az a koronán kívülre esik. Ez azzal lehet kapcsolatos, hogy a koronák bizonyos ívei mentén a konvex oldal felől a kéreg alátolódik a köpenybe, és hidegebb lévé, a környezeténél nagyobb sűrűségével pozitív gravitációs anomáliát hoz létre. A konvex oldalról való betolódás viszont egyre növeli a korona méretét.



1.3. ábra. A Vénusz felszínének egy részlete. A kerek alakzatok a koronák, vagy chasmák (a Magellán-űrszonda felvétele)

Érdekes a chasmák kettős szerepe. A nagy vulkáni hegyek környékén indulnak, ahol mint tágulási centrumok (riftesedés) a földi tengeralatti hátságok új kéregképzési szerepét játsszák. Másik részük meg az alátolódás (szubdukció) helye, tehát az óceánok partjai mentén lévő kéregmegsemmisülési helyeknek felelnek meg a Földön. A Vénuszon a chasmáknak ez a kétféle része a földi megfelelőikhez képest nagyon közel helyezkedik el egymáshoz. Míg a Földön

a merev óceáni lemezek a tengeralatti hátságoktól nagy távolságokra, a kéreg-alábukási helyekig, vagyis a mélytengeri árkokig deformáció nélkül továbbítják a feszültséget, addig a Vénusz kérge úgy viselkedik, mint a Földön a viszonylag képlékeny kontinensek (pl. a Himalája környéke), ahol a kéreg a feszültséget nem tudja deformáció nélkül nagy távolságra továbbítani. Tehát úgy tűnik, hogy van kéregkeletkezés és -megsemmisülés is a Vénuszon, de ez nem merevlemez-tektonika, hanem képlékenylemez-tektonika formájában valósul meg.

Illés Erzsébet

Icarus 1995. szeptember, 1996. október

Mathilde és Mars

A NASA meghirdette a *Discovery-programot*, melynek célja, hogy 150 millió dollárnál nem nagyobb összegért és legfeljebb két év alatt olyan űrszondák készüljenek, amelyek lényeges új tudományos eredményeket szolgáltatnak. A program keretében eddig felbocsátott két űrszonda, a NEAR és a Mars Pathfinder 1997 nyarán már részben teljesítette feladatait.

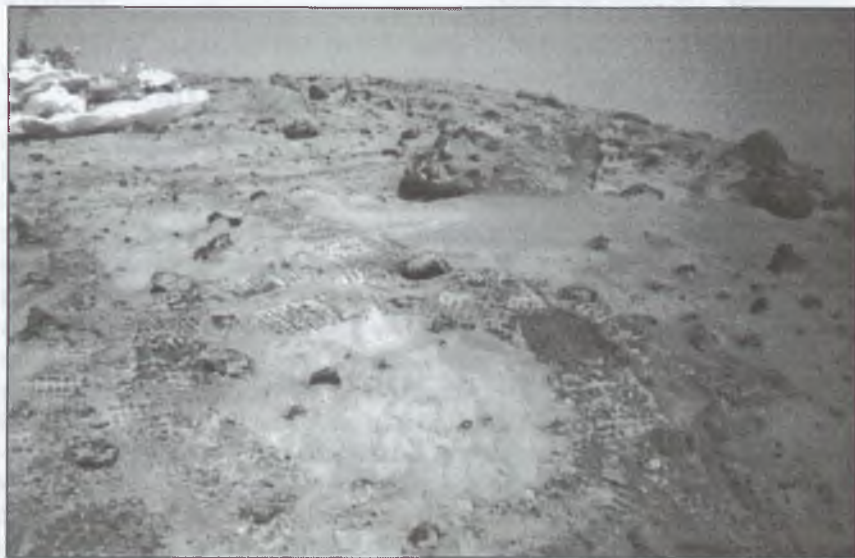
A kisbolygókutató *NEAR* (*Near Earth Asteroid Rendezvous*) 1996. február 17-én startolt Delta-2 hordozórakétával. A 805 kg-os űreszköz egyszerűsített tervezési elveken alapul, ezért került csak 122 millió dollárba. Ez az első űrszonda, amely a Mars pályáján túl is napelemekkel működik, a négy nagy napelemtábla még naptávolban is 350 wattot termel. Tulajdonképpen célja a (433) *Eros* kisbolygó elérése 1999 februárjában. A pálya kiszámítása során azonban kiderült, hogy viszonylag kis útközi manőverezéssel 1997. június 27-én megközelítheti a (253) *Mathilde* nevű, C osztályú kisbolygót is, amely tekintélyes méretű (61 km), és lassú forgást végez. A szonda 10 km/s sebességgel, 1200 km-re közelítette meg a felszínt, miközben 1 km felbontású képeket készített. A kisbolygó elnyúlt alakú, felszínén néhány, viszonylag nagy becsapódási kráter található.



1.4. ábra. A *Mathilde* nevű kisbolygó (a NEAR-űrszonda felvétele)

A NEAR ezt követően visszatér a Földhöz, hogy 1998. január 22-i elrepülése során hintamanőverrel megkapja tőle az *Eros* kisbolygó eléréséhez szükséges lendületet. Ez lesz az első eset, hogy egy űrszonda kisbolygó körüli pályára áll, és ott hosszan tartó megfigyelési sorozatot végez. A tervek szerint egy évig gyűjti majd a 45 km-es kisbolygóra vonatkozó adatokat. Az év során mintegy 30 km-re közelíti meg a felszínt, sőt a legvégén esetleg le is fog ereszkedni rá. Keringés közben 3–5 m felbontású képeket készít, illetve méri felszín különféle tulajdonságait.

A NEAR műszerei között magnetométert, lézer altimétert, közeli infravörös, röntgen- és gamma-spektrométert is találunk. Ezek segítségével pontosítják a kisbolygóra vonatkozó paramétereket (méretek, alak, forgás), meghatározzák a felszín szerkezetét és összetételét, valamint a belső tulajdonságokat (mágneses tér, tömegeloszlás). A fő cél annak a problémának az eldöntése, hogy mire hasonlít inkább az *Eros* összetétele: a kondritokéra, vagy a kő–vas meteoritokéra.



1.5. ábra. A Mars felszíne a *Pathfinder* leszállási helyénél (NASA)

A második *Discovery* űrszonda, a 850 kg tömegű *Mars Pathfinder* 1996. december 14-én indult ugyancsak *Delta-2* hordozórakétával, és már 1997. július 4-én simán leereszkedett célpontjára a Mars *Ares Vallis* nevű egykori folyóvölgyének torkolatvidékére. A szonda közvetlen pályán jutott el a Mars felszíné-

re, vagyis előzetesen nem állt pályára körülötte. Leereszkedés közben mérte a marsléggör paramétereit. A sima leszállás megkönnyítésére a 300 kg-os leszálló egység ütközését 24 darab ballon fékezte. A talajra leérkezve kinyíltak a Mars Pathfinder napelemtáblái, és az egyikről legördült a *Sojourner* nevű kisméretű, alig 10 kg tömegű, hatkerekű marsjáró, amely megkezdte a környezet fényképezését és a talaj elemzését. A leszálló egységen másfél méter magasságban elhelyezett 5 kg-os sztereokamera jelenleg képeket közvetít a környékről és a Sojournerről (1.5. ábra, valamint a B1. és B3. színes ábra).

A meteorológiai műszerek is működésbe kezdtek. A leszállási hely különösen érdekes az egykori folyó hordaléka miatt. A marsjárón elhelyezett röntgen-spektrométer a kövek elemzését végzi, a leszálló egység pedig közvetíti az adatokat a Földre. Az első eredmények szerint a kövek egy részének összetétele a földi kőzetekére emlékeztet és kvarcot tartalmaz. A tervek szerint a marsjáró 500 m-es körzetben működik majd.

Almár Iván

Space News; The Planetary Report

Nem esik egybe a Mars geometriai és tömegközéppontja

Néha érdemes régi megfigyeléseket újraanalizálni. A Mariner–9 és a Viking–1 és 2 rádió-okkultációs méréseit újra feldolgozva az akkori mérések ismeretében a mai pontosabb pályaadatok birtokában a Mars alakjának pontosabb meghatározása vált lehetővé. Ebből kiderült, hogy a Mars alakjának középpontja nagyon nem esik egybe a Mars tömegközéppontjával, attól mintegy 3 km-nyire eltér a déli pólus irányába. Ez azt jelenti, hogy az északi pólus környéke 3 km-el közelebb van a tömegközépponthez, mint a déli. Ezzel értethetővé válik, ha az ősi folyók a gravitációsan „magasan fekvő” déli félgömből a gravitációsan „alacsonyan fekvő” északi félgömb felé folytak. Eddig azt hitték, hogy az északi félgömbön valami óriási nagy becsapódás hozott létre egy mélyedést, vagy valami belső geológiai folyamatot kell keresni a mélyebben lévő északi félgömb magyarázatára. Más égitesten is van ilyen eltolódás a geometriai és a tömegközéppont között, de nem ilyen tetemes, s azoknál általában lokálisan vastagabb kéreggel szokták a jelenséget magyarázni. Ez az eltolódás például a Hold esetében 1.6 km, a Merkúrnál 640 m, a Vénusznál 280 m.

Illés Erzsébet

Astronomy 1996. június; *Icarus* 1994. október

Galileo eredmények

Az év szenzációját a Naprendszerkutatóban kétségkívül a Galileo-szonda szolgáltatta. Mint ismeretes, 1995. december 7-én érkezett a Jupiterhez egy keringő egység és egy légköri szonda. A keringő egység Jupiter körüli pályára állt, és az eredeti tervek szerinti méréseket 11 Jupiter-megközelítés során hajtotta végre. A Jupiter-megközelítések idején egyszer az Io, négyszer a Ganymedes, háromszor az Europa, háromszor a Callisto közelében haladt el a szonda, de nem mindig csak azt az objektumot fényképezte ilyenkor, amelyhez a legközelebb járt (B4. és B5. színes kép, hátsó borító). Az Io megközelítésekor például (a fedélzeti adatrögzítő meghibásodása miatt) nem készülhettek fényképek, ezért az Ióról csak később és nagyobb távolságból születtek felvételek.

Europa

Szenzációt hoztak az Europa 10–20 m-es felbontású képei. Ezek alapján kétségkívül bizonyítottnak vehető a Voyager-képek alapján már megfogalmazott sejtés, hogy az Európának csak 1–2 km vastag a jégkérgé, és alatta folyékony vízóceán található. A jégkéreg milliő repedése, árka, gerince, amelyek keresztül-kasul metszik egymást, arról tanúskodnak, hogy az árapályerők folyamatosan mozgatják ezt a kérget, darabokra törik, és a felszín alatti víz áramlásai széthordják a néhány vagy néhányszor tíz km-es táblákat. Ezek a táblák aztán újra összefagynak, és újabb, hosszú repedések keletkeznek rajtuk, amelyek mentén helyenként elcsúsznak egymáshoz képest. A szétrepedt darabok között alulról feltolul a víz, megfagyva új, sötétebb kérget hoz létre, mint a környezet. Mindez nagyon hasonlít egyrészt a Föld tengeralatti hátságai mentén lévő repedésekhez, másrészt a sarki óceánok felszínén úszó jég-táblák képeéhez.

Az éles gerincek, árokszélek, repedéshatárok végeláthatatlan tengerében ugyanakkor néhol megjelennek kerek foltok, néhol pedig nagyon éles szélű, hosszú sávok, amelyekben belül a kép elmosódott, kevésbé kontrasztos. Ezek az alakzatok arra utalnak, hogy alattuk egy melegebb feláramlás, illetve egy Golf-áramlás-szerű meleg áramlat húzódik, és azok melege teszi képlékennyé a felettük lévő jégreteget. Az egyébként éles rajzolat elmosódását a képlékennyé váló jégreteg megváltozott teherbíró képessége okozhatja. Ugyanakkor ezeken a részeken is azonosíthatók maradnak azok a gerincek, amelyek a szomszédos területeken még élesnek látszanak. A felszín azt sugallja, hogy valószínűleg az óceáni aljzat is aktív, s benne a földi óceánok alján (a „fekete füstölők” környékén) talált mikroorganizmusokhoz hasonló élet is lehet. A

repedésekben feláramló vízből megfagyott kéreg emiatt lehet sötétebb, mint a környezete. Ha ez lenne az alacsonyabb albedó oka, akkor érthető, hogy a felszínre került anyag idővel kivilágosodik az ultraibolya sugárzás hatására. Csak két nagyobb (26 és 30 km-es) és nem túl sok kicsi (100–400 m-es) becsapódásos krátert találtak a Galileo-képeken, ami egy ilyen mozgékony, vékony jégkéreg esetén érthető is.



1.6. ábra. Az Europa felszínének egy részlete (a Galileo-űrszonda felvétele)

Ganymedes

A Ganymedes esetében a legnagyobb szenzációt a mágneses mérések jelentették. Az 1996. június 27-i megközelítésnél a mérésekből belső eredetű mágneses térre lehetett következtetni, amely ugyan a földi tér erősségénél negyvenszer gyengébb, de első alkalommal találtak egy holdnál belső eredetű mágneses teret. A magnetoszféra kicsi, a hold átmérőjének mintegy kétszerese csupán, de határozottan elkülönül a Jupiter magnetoszférájától. Az 1996. szeptember 6-i gravitációs mérések aztán egyértelműen egy 400–1300 km kö-

is olvadt vasmag, és vele együtt belső mágneses tér várható. Az Iónál a gravitációs mérések jelezték is az olvadt vasmag létét. Kíváncsian várjuk tehát a pontosabb analízisek eredményeit.

Illés Erzsébet

Internet: <http://www.jpl.nasa.gov/galileo>;

Sky and Telescope 1995. május, 1996. augusztus, szeptember, november, 1997. március; *Astronomy* 1996. október, november, 1997. március, április; *Icarus* 1996. április

A Shoemaker–Levy 9 üstökös nyomai a Jupiteren

Még 1996 májusában is volt hidrogénianid (HCN) és karbonszulfid (CS) a Jupiter légkörében a mm-es hullámhosszakon Spanyolországban és Hawaii-
in végrehajtott megfigyelések szerint. Erről számolt be ANDRÉ MARTEN egy 1996 júliusában, Meudonban rendezett konferencián. A megfigyelések arra utalnak, hogy az összetevők áterjedtek az északi félgömbre is. Ahhoz képest, hogy a kéntartalmú S₂, OCS, HS₂ csak néhány hónapig, az ammónia 8 hónapig, a CS₂ és a CO 10–11 hónapig volt csak követhető, a HCN és a CS a mintegy 2 év élettartammal igazán hosszú életű, s nem jósolható meg előre, hogy még meddig lesz látható a Jupiter légkörében.

Illés Erzsébet

Sky and Telescope 1996. december

Az Io és az Europa „lábnyoma” a Jupiter légkörében

Végre sikerült lefényképezni az Io „lábnyomát” a Jupiteren. A felvételek a Hubble űrtávcsővel készültek 1994-ben, látható és ultraibolya színeképtartományban. A fénylést az Io vulkánjai által kidobott molekulák okozzák oly módon, hogy a Nap ultraibolya sugárzása ionizálja ezeket, majd pedig a Jupiter mágneses erővonalai körül spirálmozgásra kényszerülnek. Amikor eljutnak a Jupiter légköréig, fénylésre gerjesztenek ott lévő molekulákat. A fénylés lényegében ugyanolyan mechanizmussal jön létre, mint a földi sarki fény, csak abban az esetben a magnetoszféra uszályából származnak a töltött részecskék. A fényfolt együtt mozog az Ióval, ahogy az a pályáján körbejár, azonban hosszúságban jó 15 fokkal megelőzi azt, ahogyan azt már a 60-as években el-

módon, hogy a Nap ultraibolya sugárzása ionizálja ezeket, majd pedig a Jupiter mágneses erővonalai körül spirálmozgásra kényszerülnek. Amikor eljutnak a Jupiter légköréig, fénylésre gerjesztenek ott lévő molekulákat. A fénylés lényegében ugyanolyan mechanizmussal jön létre, mint a földi sarki fény, csak abban az esetben a magnetoszféra uszályából származnak a töltött részecskék. A fényfolt együtt mozog az Íóval, ahogy az a pályáján körbejár, azonban hosszúságban jó 15 fokkal megelőzi azt, ahogyan azt már a 60-as években elméletileg előrejelezték. A Voyager szonda abban az „erővonalcsőben”, amely az Íót a Jupiterrel összeköti, 1 millió amper erősségű áramot jelzett az áram által keltett mágneses tér mérése alapján.

A Hubble űrtávcső mérései kimutatták, hogy az Európának is van egy nagyon ritka légköre. Várható, hogy emiatt a légkör miatt létrejöhet ilyen erővonalcső az Europa és a Jupiter között is, amelyben mintegy félmillió amper erősségű áram folyhat. Tehát nem kizárt, hogy egyszer majd az Europa „lábnyomát” is regisztrálják. Ez azonban még nehezebb feladat lesz, mint az Io esetében, mert még közelebb lehet a sarki övezethez, és halványabb is lehet, mint az Íóé.

Illés Erzsébet

Astronomy 1997. április; *Icarus* 1996. április

Csillagközi ecetsav

A csillagközi szerves molekulák sora 1997-ben a CH_3COOH molekulával (ecetsav) bővült. A Tejútrendszer centrumában, a *Sagittarius B2* molekulafelhőben fedezték fel. Ez az első molekula, amelyet milliméteres hullámhosszon működő interferométerekkel észleltek, az összes eddig felfedezett molekulát egyszerű parabolikus rádiótávcsővel találták. Az interferométer használatát az indokolja, hogy jóval nagyobb szögfelbontásuk sokkal kisebb térfogatelemek vizsgálátát teszi lehetővé. Az ecetsav-molekulát először 90.2 GHz-en észlelték a BIMA (Berkeley–Illinois–Maryland Association) interferométerrel, utána 100.9 GHz-en az Owens Valley Radio Observatory milliméteres interferométerével. Már régóta keresték, mivel a legegyszerűbb biológiailag fontos aminosav, a glicin laboratóriumban ecetsav és NH_2 gyök egyesülésével jön létre.

Az intersztelláris ecetsav feltehetően szemecfelületi kémia eredménye. Oszlopszűrűségét $7.3 \cdot 10^{15}$ -nek mérték, relatív gyakorisága a H_2 molekulához képest $0.9 - 7 \cdot 10^{-10}$.

Kun Mária

Astrophysical Journal Letters 1997. május

Miért nem látunk csillaggá zuhanást?

Senki sem vonja kétségbe, hogy a csillagok a csillagközi molekulafelhők gravitációs kollapszusa útján keletkeznek. A felhők és a fiatal csillagok szoros kapcsolatának számos bizonyítéka látható a Tejútrendszer közeli csillagkeletkezési tartományaiban. Annak a folyamatnak azonban, amelyben a 10^{-20} g/cm³ körüli sűrűségű felhő kb. 1 g/cm³ átlagsűrűségű csillaggá alakul, alig van megfigyelési bizonyítéka, és ami van, az sem teljesen kikezdehetetlen. Olyan égitestek, amelyekről egyértelműen kijelenthetjük, hogy éppen a gravitációs kollapszus során felszabaduló energiát sugározzák ki, mindaddig rejtve maradtak, noha már többször, több formában vélték megtalálni ezeket. Harminc éve az *YY Orionis* típusú változócsillagok voltak a legjobb jelöltek, amelyeknek színpémben anyagbehullásra utaló inverz P Cygni profilú vonalakat észleltek. A hetvenes-nyolcvanas évekre kiderült, hogy a protocsillagokat a molekulafelhők mélyén található infravörös források közt kell keresni. Hamarosan bebizonyosodott azonban, hogy az IRAS katalógusok protocsillag-jelöltjei is jóval fejlettebbek, mint a régóta keresett objektumok, és egyben az is, hogy a gravitációs kollapszust hiába keressük az IRAS források között: a 12–100 mikrométer közötti hullámhossz-tartományban sugárzó objektumok már túlvannak ezen a fejlődési szakaszon. Így a gravitációs kollapszust újabban azokban a hideg felhőmagokban keresik, amelyek termikus sugárzása nagyrészt a szubmilliméteres és milliméteres hullámhosszakra esik. Ezekben a centrális mag tömege kisebb, mint a cirkumsztelláris buroké. Mégis úgy látszik, hogy ezek a cirkumsztelláris burkok is inkább szétszóródnak, mintsem beépülnek a keletkező csillagba. Az eddig ismert szubmilliméteres protocsillag-jelöltek esetében kivétel nélkül intenzív molekuláris kiáramlás van, bár közülük néhányon ugyanakkor beáramlás is kimutatható. A termikus sugárzás spektruma alapján tehát nem lehet elkülöníteni a gravitációs kollapszust éppen elszenvedő felhőmagokat.

A csillagkeletkezés kutatásának egyik legidőtállóbb problémája az, hogy miért látunk a csillagkeletkezési helyeken mindenütt erőteljes kiáramlást, noha a csillagkeletkezésnek egy nagy bezuhanással kell kezdődnie. Ha megvizsgáljuk, mit mondanak a modellek, kiderül, hogy a csillagokat szülő felhőkben végbemenő fizikai és kémiai folyamatok szinte összejátászanak a folyamat elrejtésére. A sűrű molekuláris felhőmagból éppen szemünk előtt keletkező csillag felismeréséhez a felhő különféle megfigyelhető tulajdonságainak (például színpébének, vagy egyes molekulák várható térbeli gyakoriságának) modelljeit hasonlítják össze a feltételezett protocsillagok észlelt tulajdonságaival. A modellek és a megfigyelések egyezése azonban nem jelenti a kollapszus egyér-

telmü bizonyítékát. A beáramlás egyetlen közvetlen bizonyítéka a protocsillagnak vélt felhőmag színekvonalainak profiljaiból olvasható ki.

A csillagelőtti felhő molekuláris gázból és porból áll, a mai legjobban kidolgozott modellek szerint kezdetben gömbszimmetrikus és izotermikus, hőmérséklete kisebb 20 K-nél. Ezek a hideg felhők az infravörös és rádióhullámokon bocsátanak ki termikus sugárzást. Belső mozgásaikat különböző molekulák centiméteres és milliméteres hullámhosszú rádiósugárzása mutatja meg.

A vonalprofilok elemzése azonban nem teszi lehetővé a felhőmagok sebességszerkezetének egyértelmű meghatározását. A legjobb modellek szerint a kollapszus a felhő közepén kezdődik, kezdetben izotermikus és kis sebességgű, és a külső rétegek nyugalomban vannak. Mivel a felhő hőmérséklete alacsony, mindenféle sugárzása nagyon gyenge. A gömbszimmetria megnehezíti a ki- és beáramlás megkülönböztetését, ha a vonal optikailag vékony. Mindkét dinamikai folyamat vörös és kék vonalszárnyakat eredményez, így a sebességmező által kiszélesített vonalból nem lehet a mozgás irányára következtetni.

A felhő közepén, ahol a kollapszus kezdődik, a molekulák, amelyek egyébként a nagy sűrűség nyomjelzői, kifagynak a porszemcsék felszínére, így nincs, ami mutatná az anyag mozgását. A kollapszus előrehaladtával az összeeső magban uralkodó körülmények kedvezőbbé válnak a mozgás kimutatására. Az optikailag vastag vonalakban olyan aszimmetria keletkezik, amely lehetővé teszi a be- és a kiáramló gáz megkülönböztetését. Akkor válik felismerhetővé a kollapszus, ha a következő feltételek teljesülnek:

- Az összeeső mag hőmérséklete a mag belseje felé emelkedik, a centrumban a hőmérséklet elég magas a molekulák szublimációjához.
- A sebesség a centrum felé nő.
- Az összeeső magot majdnem statikus burok veszi körül, amelyben a szóban forgó molekula gyakori. Ez a lokális nyugalmi sebességnél önabszorpciót eredményez.

Az adott körülmények között kétsúcsú vonal keletkezik, amelynek a kék oldala erősebb. A beáramlás észlelését lehetővé tevő körülményeket a protocsillag további fejlődése során aztán hamarosan újra elmossa a csillagszél és a forgás hatása, valamint a gömbszimmetria megszűnése. A jelölt objektumok kis számaránya azt mutatja, hogy élettartamuk rövidebb tízezer évnél. Ezen belül is a beáramlás észlelhetősége egy nagyon szűk, mintegy ezer éves intervallumra korlátozódik. Tehát a csillagkeletkezési modellek jó magyarázatot adnak arra, hogy miért nem látjuk a kollapszust. Újabbán 23 jó protocsillagjelölt vizsgálata során csak hatnál találtak beáramlásra utaló vonalprofilot, de még ezeknél sem lehetett egyértelműen beáramlással modellezni a vonal alakját. Sőt olyan objektumok is vannak köztük, amelyeknél egy másik vonal alakjából kiáramlásra lehet következtetni. A modellekben is sok bizonytalanság

van, például a legtöbb csillagelőtti felhőmag nem gömbszimmetrikus. Így a fejlődési út a molekulafelhőktől a protocsillagokig még nagyon homályos.

Kun Mária

Astrophysics and Space Science 1996. március;

Astrophysical Journal 1997. július

Mik azok a proplidok?

A proplidok az utóbbi egy-két évben tűntek fel a csillagászati folyóiratokban. A *proplid* (proplyd) betűszó, a *protoplanetary disk* betűiből jött létre. A protoplanetáris korongok a kis tömegű, fősorozat előtti csillagok körül a csillagkeletkezés során jelennek meg és a feltételezések szerint ezekből alakulnak ki a bolygórendszerek. A korongok méretei, hőmérsékletük, szerkezetük a csillagok infravörös fotometriája és spektroszkópiája útján vizsgálható. A rövidítéssel együtt azonban ennek a fogalomnak kissé megváltozott a jelentése: a proplid elnevezéssel azokat a kicsi, 0.5–2 ívmásodperc kiterjedésű, fénylő vagy sötét objektumokat illeti a csillagászati szakzsargon, amelyeket a Hubble űrtávcső az Orion-ködben talált (címlap és M7. színes ábra). Definíció szerint a proplidok olyan fiatal, fősorozat előtti csillagok, amelyek cirkumsztelláris korongját az őket körülvevő H II zóna teszi láthatóvá.

A csillagkeletkezés és a korai csillagfejlődés függ a környezettől. A látványos óriás anyagkidobódások (jetek, amelyekről a Hubble űrtávcső szintén elképesztően részletes képeket készített) ott tudnak kialakulni, ahol a keletkező csillagok sűrűsége kicsi. Az óriás molekulafelhőkben, ahol a kis- és nagy-tömegű csillagok együtt keletkeznek, a csillagsűrűség eléri az $5000 \text{ csillag/pc}^3$ értéket is. Ez a helyzet az Orion-ködben levő *Trapéz-halmazban* is. Ez a halmaz a legfényesebb csillagai (elsősorban a θ^1 Orionis C) által gerjesztett H II zóna belsejében van. A fiatal, kis tömegű csillagok cirkumsztelláris korongjainak egy része ebben a környezetben ionizált – ezek a fényes proplidok. A gerjesztő csillagoktól távolabb pedig olyan proplidok láthatók, amelyek sötét sziluettje a fényes háttérre rajzolódik ki. Elliptikus alakjuk bizonyítja, hogy tényleg korongok. A Hubble űrtávcső 145 fényes és hat sötét proplidot talált a Trapéz-halmazban. A halmaz legsűrűbb részében minden ismert, fősorozat előtti csillagot látható korong vesz körül.

Kun Mária

Astronomical Journal 1996. február

A legnagyobb látszó átmérőjű csillag

A csillagászatban, miként más tudományágakban is, vannak „divatos témák”. Ilyen volt az 1920-as években a csillagok látszó átmérőjének interferometrikus mérése. A téma nagymestere ALBERT MICHELSON (és csapata) volt. Főleg a *Mt. Wilson*-i 2.5 m-es (*Hooker*) *teleszkópot* használták, és megmérték mindent, amit érdemes volt megmérni. A tankönyvekben azóta is ott áll: a legnagyobb (látszó) átmérőjű csillag (persze a Nap után ...) a *Betelgeuse*, átmérője $0''.044$.

Ez így is maradt az elmúlt 75 évben, habár egy 1971-es publikációban R. WING kifejtette, hogy érdemes lenne megmérni a csak a déli féltékről látható *R Doradus* átmérőjét is. A színindexek szerint ugyanis fejlődésének abban az állapotában van, amikor egy csillag igen felfúvódott.

Az *R Doradus* egyébként mintegy 200 fényévnire van tőlünk, és fényességét 338 napos periódussal $4^m.8$ és $6^m.6$ között változtatja.

A mérést most végezték el az ESO 3.5 m-es NTT teleszkópjával. A főtükört letakarták, úgy, hogy azon csak 7 db 25 cm átmérőjű lyukat hagytak egy 3.3 m-es kör mentén. (Azért pont így, mivel a földi légkörben feltételezett turbulenciák mérete ennél nagyobb). Az 1.25 mikronos hullámhosszon az NTT Scharp kamerájával úgy mértek, hogy a 7 sugarat páronként interferáltatták, a több ezer 0.1 másodperces felvétel révén „befagyasztva” a turbulenciákat.

A mérések szerint az *R Doradus* látszó átmérője $0''.057 \pm 0''.005$ — azaz ezt a csillagot látjuk a Földről a legnagyobbinak. (Mintegy 30%-kal nagyobb, mint a *Betelgeuse*.) Eddig nyilván azért nem derült ez ki, mivel a látható tartományban a csillag igen halvány, azonkívül nagyon délen is van. Elfogadva a 200 fényéves távolságot, tényleges átmérője $370 \pm 50 R_{\odot}$ (kb. 250 millió km). A Nap helyére téve tehát túlérne a Marson, de persze a *Betelgeuse* valódi méreténél sokkal kisebb.

Patkós László

The Messenger 1997. március

A Betelgeuse és az R Cassiopeiae alakja

A Hubble űrtávcsővel az ultraibolya tartományban, 255 és 280 nm hullámhosszon figyelték meg a *Betelgeusét*. Körülbelül 10 pixelre terjedt ki e vörös szuperóriás képe, ami 125 mas (milliívmásodperc) szögátmérőnek felel meg. A képben az intenzitáseloszlás félszélessége 108 ± 4 mas, ez a méret 2.2-szer nagyobb, mint a csillag látszó átmérője a látható fényben, amit nem túl ré-

gen sikerült megmérni. Nagyon valószínű, hogy a különböző hullámhosszakon megfigyelt eltérő méret oka a csillag kiterjedt kromoszférája, ami forróbb mint a fotoszféra, így nem annyira látható fényben, hanem inkább az ultrabolya színektartományban sugároz.

Kiderült még az is, hogy a megfigyelt korongon belül az intenzitás majdnem kettes faktornyi változik. Ennek a jelenségnek a magyarázata lehet egy nagy kiterjedésű, 5200 K hőmérsékletű terület a csillag felületén (amelynek a hőmérséklete egyébként 5000 K), de a csekély feloldás miatt az is elképzelhető, hogy valójában sok kisebb és sokkal forróbb foltot látunk egynek. Mivel egy ilyen csillag külső része — burka, légköre — nagy kiterjedésű és instabil, a megfigyelt fényes folt magyarázatára sok minden szóba jöhet: mágneses aktivitás, légköri konvekció, globális pulzáció, lökésfrontok. Ezen igen különböző feltevések között akkor lehet majd dönteni, ha a további megfigyelések megmutatják, hogyan változik időben a megfigyelt fényesebb terület mérete, helyzete a Betelgeuse korongján.

Az *R Cas* régóta ismert Mira-típusú változó, amelyet 700 és 714 nm hullámhosszon 6 nm sáv szélességű szűrővel figyeltek meg a zelencsuki 6 méteres távcsővel. A hullámhosszakat azért választották ki így, mert az ilyen hideg csillagokban jól látszó erős TiO sáv 714 nm-nél van, míg 710 nm-nél a kontinuum figyelhető meg. Tehát két közeli hullámhosszon észelve igen különböző mélységekbe látunk bele a csillag légkörébe. A keskeny sáv szélesség lehetővé tette a *folt (speckle) interferometria* alkalmazását, s ezzel körülbelül 30 mas nagyságú korong feloldása volt lehetséges.

Ha a megfigyelések értelmezésénél egyenletes korongnak tételezték fel a csillagot, 700 nm-en 36 ± 2 mas adódott az átmérőre, 714 nm-en pedig 49 ± 2 mas. Elliptikus, egyenletes korongot feltételezve 0.86-os lapultság adódott mindkét hullámhosszon, vagyis 33.3 és 38.7 mas átmérő 700 nm-en, míg 42.3 és 55.6 mas 714 nm-en, a tengelyek iránya a mérési hiba határán belül mindkét hullámhosszon megegyezett.

Elgondolkodtató a mintegy 30%-os különbség a különböző hullámhosszakon vett sugarakban, illetve átmérőkben, mert ez azt mutatja, hogy az *R Cas* légköre elképesztően nagy kiterjedésű. A Napon a fotoszféra méretaránya a sugárhoz 4/7000, míg az *R Cas*-on ez az arány a fentiekből következően körülbelül 13/49! Megjegyzendő még, hogy más Mira változókról (*o Ceti*, *R Leo*, *W Hya*) is sikerült kimutatni, hogy lapultak, de ennek értelmezése egyelőre még várat magára.

Ínkább csak felsoroljuk itt a lehetőségeket: kölcsönhatás egy esetleges fehér törpe kísérővel, rotáció, nemradiális pulzációs módusok, aszimmetrikus lökésfrontok, óriás konvektív cellák, fényes foltok. Mivel a nem Mira szuperóriások (például a Betelgeuse) szintén aszimmetrikusnak mutatkoznak, a

fényes foltra tippel a legtöbb kutató, de ennek eredete egyelőre a homályba vész.

Barcza Szabolcs

Astrophysical Journal Letters 1996. május;

Astronomy and Astrophysics 1996. december

Korona a Naphoz hasonló csillagok körül

A *ROSAT* mesterséges holddal lágy röntgentartományban megfigyelték a 13 pc-nél közelebb lévő összes ismert A, F, G csillagot, szám szerint 71-et. Az F-csillagok 95%-a, a G-csillagok 83%-a bizonyult röntgenben sugárzóknak. Az A7-nél korábbi színképtípusú csillagok közül viszont egyetlenegy sem.

A lágy röntgentartományban kisugárzott teljesítmény 10^{18} és 10^{22} W között volt a különböző csillagokra, a Napra vonatkozó tipikus érték $2 \cdot 10^{20}$ W. Ez arra utal, hogy talán az eredete is ugyanaz a lágy röntgensugárzásnak, nevezetesen a korona. Emellett szól az is, hogy konvektív zóna a korai A-csillagok légköre alatt nincs, márpedig mai tudásunk szerint a konvektív zóna hozza létre a koronát azzal, hogy a benne gerjedő akusztikus és magnetohidrodinamikai hullámok elnyelődnek a fotoszféra fölötti rétegekben, s azt fölhevítik akár több millió fokra is.

A kisugárzott teljesítmény ugyan négy nagyságrendnyire különböző e csillagokon, de ezt jól magyarázza az, hogy a Nap lágyröntgen-teljesítménye is igen különböző lehet. Ha csak koronalyukak vannak, a jellemző teljesítmény csupán $5 \cdot 10^{19}$ W, míg ha a napkoronát a fterek uralják, akkor $2 \cdot 10^{24}$ W teljesítmény is kijöhet. A vizsgált csillagok teljesítménye lágy röntgenben arra utal, hogy koronájuk inkább olyasfajta, mint a napkorona, amikor csupán koronalyukak vannak.

Az elméleti értelmezésben egy komoly gond van: a Nap és e csillagok fotoszférájában gerjedő és koronájában elnyelődő hanghullámok fluxusa kicsi: körülbelül százada a szükségesnek. Az elméleti asztrofizikában úgy szoktuk mondani, hogy az akusztikus fűtés nem kielégítő a korona észlelt hőmérsékletre hevítéséhez. Mindez a gond mit sem von le az imént bemutatott megfigyelési eredmények értékéből, inkább indíttatást ad arra, hogy a csillagkoronák elméleti modellezésével intenzíven kell foglalkozni, hogy megértsük keletkezésüket, most már nemcsak a Napon, hanem a hozzá hasonló csillagokon is.

Barcza Szabolcs

Astronomy and Astrophysics 1997. február

Hol van a csillagok első generációja?

A BURBIDGE házaspár, F. HOYLE és W. FOWLER 1957-ben megjelent klasszikus munkája nyomán az első csillagok keletkezését úgy képzeljük el, hogy azok az ősrobbanás során létrejött (primordiális összetételű) anyagból alakultak ki. Mint ismeretes, e primordiális összetétel atomszám szerint tíz az egyhez arányban tartalmaz hidrogént és héliumot, s csak nyomelemként deuteriumot és lítiumot. Egy súlyos gond van ezzel az elképzeléssel: negyven év alatt sem sikerült egyetlen olyan csillagot sem találni, amelynek a légköri összetétele megőrizte a primordiális összetételt. E csillagok volnának a csillagok első generációjának (a hipotetikus III. populációnak) a tagjai. Közülük a nagy tömegűek gyorsan szupernóvává fejlődve teleszórhatták volna galaktikus környezetüket a belsejükben atommag-reakciókon keresztülment anyaggal. E magreakciók során a primordiális anyagból a lítium elbomlik, a nehezebb elemek pedig fölépülnek. A kép így nagyjából teljes, bár arra a jogos kérdésre senki sem tudja a választ, hogy mi egységesítette a csillagok kémiai összetételét olyan mértékben, ahogyan azt ma megfigyeljük. Tehát hogy nagyjából ugyanaz a csillagok kémiai összetétele a Tejútrendszer két átellenes pontján, mint például a Virgo-halmaz galaxisaiban.

Az itt említett gondok közül az első megoldására szisztematikus vizsgálatokat végeztek: 16^m fényességig gyakorlatilag minden szóba jöhető csillagot megvizsgáltak, hogy légköre megőrizte-e esetleg a primordiális összetételt. Körülbelül 100 csillagban a héliumnál nehezebb elemek gyakorisága mindössze ezrede, tízezrede a szoláris gyakoriságnak, ugyanakkor a lítium gyakorisága nagyjából ugyanannyi, amennyi a primordiális anyagban várható. Különlegessége még az itt említett mintegy 100 csillagnak, hogy a Tejútrendszer rotációjában nem vesznek részt, sőt retrográd keringésű is akad közöttük. Az elemgyakoriságaikat illetően pedig ősibbeknek tűnnek, mint a Tejútrendszer legidősebb gömbhalmazai.

Ezután nagyon valószínű, hogy nincsenek olyan csillagok, amelyeknek a légköre megőrizte a primordiális összetételt, pedig lenniük kellene, ha minden úgy igaz, ahogy ma elképzeljük az ősrobbanás utáni időket és az első csillagnemzedék kialakulását. Ha mégis fenn akarjuk tartani elképzeléseinket a nehezebb kémiai elemek felépüléséről, akkor meg kell találni azt a mechanizmust, amely a csillagok első generációját teljesen eltünteti, s létrehozza azt a kémiai összetétel szempontjából meglehetősen homogén anyagot, amiből kialakulhatott a csillagok ma ismert I. és II. populációja.

Barcza Szabolcs

A J1012+5307 pulzár kísérője

A pulzárok pozícióját igen pontosan ismerjük, ezért nagy teleszkópokkal nem ütközik különösebb nehézségbe megkeresni az optikai tartományban látszó csillagot, ha van ilyen. A J1012+5307 milliszekundumos pulzár helyén a 10 méteres *Keck-teleszkóppal* sikerült találni egy $V=19^m.5$ fényességű fehér törpét, amelynek fénye állandó, tehát a pulzár kísérő csillaga. A látható tartományban (343–846 nm között) felvett színekép szerint elég különleges ez a fehér törpe: a Balmer-sorozat 12 vonala látszik, ez alapján szinte fősorozati csillag is lehetne, de a felszíni nehézségi gyorsulása akkora ($\lg g = 6.75 \pm 0.07$), amekkora már a fehér törpékre jellemző. A légkörmodellekből kapott 8550 K effektív hőmérséklet, a g , a tömeg–sugár összefüggés és a távolság ismeretében meg lehetett határozni, hogy ennek a fehér törpének mindössze $0.16 M_{\odot}$ a tömege. A mért radiális sebességekből pedig az adódott, hogy a pulzár tömege 1.5 és $3.2 M_{\odot}$ közé esik. A pulzár tömege tehát egy normális neutroncsillag tömegével egyezik meg, a fehér törpe viszont igen kis tömegű, valószínűleg azért, mert a pulzár intenzív sugárzása az idők során elpárologtatta az anyagát.

Barcza Szabolcs

Astrophysical Journal Letters 1996. augusztus

A Tejútrendszer középpontja

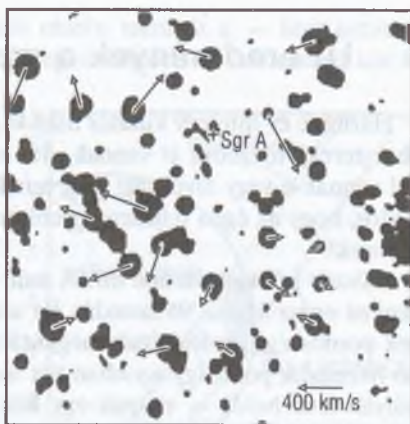
Egyre több jel utal arra, hogy minden galaxis középpontjában szupermasszív (néhány millió M_{\odot}) fekete lyuk található. Úgy tűnik, hogy az egyes galaxisok nem abban különböznek egymástól, hogy van-e fekete lyuk a középpontjukban, vagy nincs, hanem csak abban, hogy ez a fekete lyuk aktív-e vagy sem. Azaz történik-e folyamatos anyagbeáramlás a középponti fekete lyukba, vagy esetleg a középponti fekete lyuk már „megette” az egész környezetét, és pillanatnyilag nincs utánpótlás.

Ami a Tejútrendszer középpontját illeti, a probléma az, hogy óriási por és gázfelhők igencsak zavarják rálátásunkat a centrumra. Megfelelő hullámhosszakat kiválasztva azonban feltárulnak a középpont titkai. Általános vélekedés szerint a tulajdonképpeni középpont a *Sagittarius A* rádióforrással azonos. Egy kutatócsoport ennek közvetlen környezetében mérte a csillagok radiális sebességeit. A méréseket az infravörös tartományban ($1.8\text{--}2.4 \mu\text{m}$) végezték. Összesen 35 db csillagot mértek, melyek mind $12''$ -en belül voltak a Sgr A-hoz képest.

A radiális sebesség alapján megbecsült térbeli (orbitális) sebesség még fél fényévnire a centrumtól is 200 km/s-nál nagyobbak adódtak. Ebből viszont az következik, hogy innen számítva befelé még legalább 3 millió M_{\odot} tömegnek kell lennie. Azon kívül, hogy ennyi (csillag vagy gázfelhő) ott nem látszik, a fekete lyuk mellett szól az az elméleti megfontolás is, hogy ilyen kis területre összezsúfolt ekkora tömegű anyag, sem csillagok, sem gázfelhő formájában nem kerülhetne volna el az összeomlást.

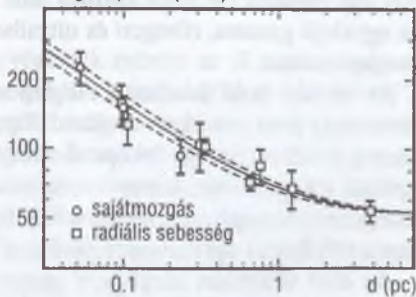
Persze a radiális sebesség mérése csak a dolog egyik oldala. A pontos térbeli sebességek visszaállításához szükség van a sajátmozgások megmérésére is. Az *ESO NTT teleszkóppal* (a SHARP kamerával és adaptív optikával) ugyancsak az infravörös (pontosabban a $K = 2.2 \mu\text{m}$ -es) tartományban sikerült kimérni 39 csillag sajátmozgását, melyek egyike sincs távolabb a Sgr A-tól $8''.8$ -nél. Olyan csillagokat választottak ki, melyek tényleg jól láthatók voltak, és pontos pozíciójukat ismételtelen meg lehetett határozni (K -ban fényesebbek voltak $13^m.5$ -nél). Az eredményt a 1.7. ábra mutatja.

A kapott sajátmozgás-értékeket a korábbi radiálissebesség-mérésekkel kombinálva (1.8. ábra) a következőket lehetett megállapítani. A Tejútrendszer centrumában levő fekete lyuk tömege $2.4 \pm 0.4 \cdot 10^6 M_{\odot}$. Ez a tömeg biztos, hogy 0.035 pc sugarú térségen belül van, és az is biztos, hogy pozíciója 0.015 pc -nél jobban nem tér el a Sgr A pozíciójától.



1.7. ábra. A Tejútrendszer centrumának $6 \times 6''$ -es környezete. A nyilak a mért sajátmozgás vektorokat ábrázolják

sebességszórás (km/s)



1.8. ábra. Sebességszórás a Tejútrendszer centrumának közelében. A d a Sagittarius A-tól mért távolság

Patkós László

Új eredmények a gamma-felvillanásokról

Harminc év intenzív kutatás után változatlan a mérleg; gamma-felvillanások (bursterek) továbbra is vannak, de, hogy pontosan mik azok, sőt, hogy közel vannak-e vagy távol, azt még mindig nem lehet biztosan tudni. Csak az a biztos, hogy az égen teljesen egyenletesen oszlanak el. — Azért vannak fejlemények!

Először két kellemetlen hír. A múlt évben (1996) nem sikerült pályára állítani az orosz *Marsz '96* szondát. Ez azért (is) nagy baj, mert a gamma bursterek pontos égi pozíciójának meghatározásához ez lett volna a nagyon hiányzó harmadik pont. Így azonban két mérőponttal (az *Ulysses* és egy földközeli pályán levő hold) — csupán egy kör jelölhető ki az égen, ahol a burst bekövetkezett. A burst pozíciójának ezután az így kijelölt kör azon kis darabját tekinthetjük, amely bele esik abba a hibanégyszögbe, amit például a *CGRO* (*Compton Gamma Ray Observatory*) vagy valamelyik másik gamma hold határozott meg.

A másik baleset a *HETE* (*High Energy Transient Experiment*) holdat érte. Ezt egy *Pegasus* (B 52-es szárnya alól indított) rakéta állította volna pályára, és egyidejű gamma, röntgen és ultraibolya mérések segítették volna a pozíció-meghatározást.

Ez utóbbi hold feladatait meglepően jól helyettesítette egy (kisebb teljesítményű) hold, az olasz–holland *BeppoSAX*. A gammaburst-érzékelőn kívül ezen a holdon van egy leképező röntgentávcső is. A röntgen leképezés — az optikai leképezéshez képest — szintén rossz, de sokkal jobb, mint a gamma leképezés. A megfigyelt röntgen-felvillanás pontosabb pozíciója révén remény van a felvillanás optikai azonosítására is.

Az első sikeresen megfigyelt gamma-felvillanás a *GRB 970228* volt. Ezt a *BeppoSAX* 1997. február 28-án 02^h 58^m 01^s (UT)-től észlelte. Ez nem volt különlegesnek nevezhető kitörés, inkább talán közepes. Mintegy 80 másodpercig tartott, és négy fő csúcs volt benne (egy nagyobb és három kisebb). A *BeppoSAX* nagy látószögű röntgenkamerája 3' sugarú hibakört határozott meg (5° 01' 57", és +11° 46.4' középponttal, ami valahol félúton van az α *Tauri* és a γ *Orionis* csillagok között). A gamma-felvillanás után nyolc órával sikerült a *BeppoSAX* nagyfelbontású röntgenészlelő berendezését is a megfelelő pozícióba hozni. Találtak is egy „gyanús” forrást (*SAX J0501.7+1146*), amiről feltételezhető volt, hogy a gamma-kitörés röntgen megfelelője.

Ez a feltevés beigazolódott, amikor a szóban forgó röntgenforrás négy nappal később eredeti intenzitásának 20-ad részére esett vissza. A röntgen hibakör kisebb, 50" sugarú, és a gamma hibakör szélén helyezkedett el. Utólag

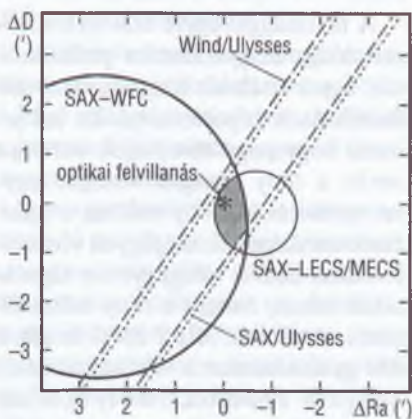
az is kiderült, hogy a két hibakör közös részén ment át a — fent említett módon — az Ulysses közreműködésével meghatározott $30''$ szélességű kör is (1.9. ábra)

A felsoroltak közös részén indult meg a keresés az eredeti gamma burst optikai megfelelője után. Az első eredményes felvételt az *Isaac Newton* teleszkóppal készítették március 1-jén, amikor is a gamma burst optikai megfelelőjének vélt objektum (a *V* tartományban) $21^m.3$ -nak bizonyult egy 2500 s-os felvételen. Az újabb méréskor, március 9-én már nem sikerült azonosítani az optikai forrást, ami azt jelenti, hogy akkorra már $23^m.6$ alá halványodott. Az ugyanekkor a 4.2 m-es *W. Herschel* teleszkóppal (az *I* tartományban) végzett mérés szerint $20^m.6$ illetve $22^m.2$ -nál halványabb volt.

A *Keck II. teleszkóppal* március 6-án végeztek mérést az *R* tartományban, amikor is a forrás 24^m volt. A mérésekbe később bekapcsolódott az *ESO NTT* (3.5 m-es) teleszkóp, amivel megállapították, hogy a forrásnak van egy pontszerű és egy kiterjedt része is. A feltételezések szerint ez utóbbi az a galaxis, amiben a gamma-felvillanás történt. A *Hubble űrtávcső* 26 nappal a kitörés után kapcsolódott be a mérésekbe. A *V* tartományban végzett 4700 s-os mérés szerint az optikai forrás ekkor $25^m.7$, a 2400 s-os *I* tartománybeli mérés szerint pedig $24^m.2$ volt.

Végleges következtetést ma még nem lehet levonni. Az azonban valószínű, hogy a gamma bursterek távoli galaxisokban bekövetkező egyszeri események, és feltehetőleg kettős neutroncsillagok összeolvadásakor következnek be.

Ugyanebbe az irányba mutat az az új eredmény, hogy végre sikerült kapcsolatot találni a gamma bursterek és valamilyen egyéb égi objektumok eloszlása között. A mérést az infravörös tartományban végezték úgy, hogy a gamma-kitörések pozícióinak hibaellipsziseit összehasonlították hasonló méretű véletlenül kiválasztott területekkel. A mérés szerint a felvillanások hibatarományában kétszer annyi infravörös galaxis van, mint a kontroll területeken. Ebből is az következik, hogy a gamma burstereknek közülük lehet távoli galaxisokhoz.



1.9. ábra. A GRB 970228 gamma-felvillanás helyének meghatározása

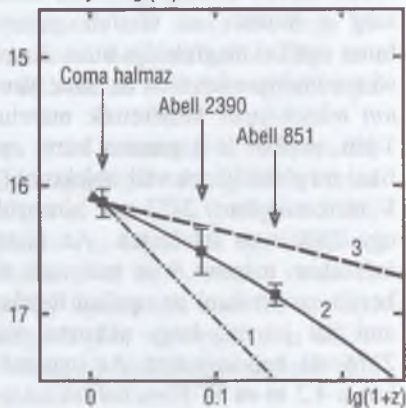
Patkós László

A fény nem „fárad el”

A távolsággal egyre növekvő vöröseltolódás magyarázatára próbálkoztak egyes asztrofizikusok a fény elfáradásának hipotézisével. Ez azt jelenti, hogy nagy távolságok befutása során a fény energiát veszítve egyre vörösebb lesz. Ily módon a galaxisok színekének megfigyelt vöröseltolódása nem a Világegyetem tágulásából fakad, hanem a fény kifáradásából. A *Coma*, *Abell 2390* és *Abell 851* galaxishalmazok vöröseltolódásának ($z = 0.024, 0.23, 0.41$) és a halmazban lévő elliptikus galaxisok felületi fényességének megfigyelésével sikerült kimutatni, hogy a fény elfáradása nem létezik.

A felületi fényesség– $\lg(1+z)$ diagramon, mint arra már a harmincas években E. HUBBLE és R. S. TOLMAN rámutattak, más dőlésű egyenes mentén helyezkednek el a galaxisok, ha a vöröseltolódás forrása a fény kifáradása, illetve a Világegyetem tágulása a galaxisok fejlődésével, vagy fejlődése nélkül. A galaxisok fejlődése alatt azt értjük, hogy felületi fényességük változik az idők során. A mostani megfigyelések szerint (1.10. ábra) a Világegyetem tágulása és a galaxisok fejlődése teljesen megmagyarázza e három galaxishalmaz megfigyelt helyét a diagramon.

felületi fényesség (m)



1.10. ábra. Alsó görbe: expandáló Világegyetem, és a galaxisok fényessége nem változik az időben. Középső görbe: expandáló Világegyetem, de a galaxisok fényessége változik időbeli fejlődésük miatt. Felső görbe: a galaxisok fényessége a fény fáradása miatt változik

Barcza Szabolcs

Astrophysical Journal Letters 1996. január

A HST deep field

A Hubble űrtávcső egyik célja a tőlünk térben (és időben) legtávolabbi égitestek vizsgálata. Ehhez célszerű olyan égi területet kiválasztani, ahol (közelben) nem látható semmi. Ilyen felvétel készült az $\alpha = 12^h36^m50^s$ és $\delta = 62^\circ12'58''$ középpontú $4''.44 \times 4''.44$ -es területről. Az U (300 nm) hul-

lámhossztartományban 45 órás, a B (450 nm), V (606 nm) és I (814 nm) tartományokban pedig 35–35 órás expozíciós időkkal. Ezért szokták ezt „150 órás” felvételnek is nevezni (megtalálható a Csillagászati évkönyv 1997 belső borítóján). A felvétel határmagnitúdója 28^m (az I tartományban).

A feldolgozás még folyamatban van, de részeredmények már megjelentek. Először is találtak 59 pontforrást. A színindexek alapján ebből 9-et a Tejútrendszerhez tartozó kistömegű ($m < 0.5 M_{\odot}$) csillagnak minősítettek. Ebből máris levonható az a következtetés, hogy galaxisunkban nincs elegendő kistömegű csillag a halóban a hiányzó tömeg megmagyarázásához.

Másik érdekes eredmény, hogy van a képen egy távoli, fényes, a környezetéből jól kiváló elliptikus galaxis, és körülötte 18 pontforrás. Ezek lehetnének a galaxishoz tartozó gömbhalmazok. A színindexek vizsgálata alapján közülük egyet megint csak a mi Tejútrendszerünkhöz tartozó csillagnak minősítettek, hatról viszont azt mutatták ki, hogy azok sem lehetnek gömbhalmazok, mert túlságosan kékek. (Kék gömbhalmazok persze léteznek, de a fiatal kék gömbhalmazoknak nemcsak kékebbnek, hanem fényesebbnek is kellene lenniük a „közönséges” gömbhalmazoknál).

A fennmaradó 11 pontforrás lehet az elliptikus galaxishoz tartozó gömbhalmaz. A feltételezett gömbhalmazokra alkalmazva a gömbhalmazok ismert luminozitási függvényét, meg lehetett határozni a feltételezett gömbhalmazok (és ezáltal az elliptikus galaxis) távolsági modulusát, amire 39.6 adódott. Jó lenne színképi úton megmérni a galaxis vöröseltolódását, és a kétféle úton kapott távolságot összehasonlítani. Erre egyelőre remény sincsen, hiszen a szóban forgó elliptikus galaxis egyike a legtávolabbi, leghalványabb ismert galaxisoknak.

Patkós László

New Astronomy 1996. szeptember

Magányos csillagok a Virgo-halmazban

A mintegy 2500 galaxist tartalmazó, hozzánk legközelebbi, nagy galaxishalmaz, a Virgo tőlünk mért távolsága 60 millió fényév. Ez az óriási halmaz kb. 300 négyzetfoknyi égdarabot foglal el (a teljes égnek nem egészen egy századát).

A Hubble űrtávcső felvételeket készített a Virgo-halmaz közepén talált „üres” (galaxismentes) részekről. A felvételek átvizsgálásakor kiderült, hogy galaxisok ugyan tényleg nincsenek a vizsgált területen, de vannak pontforrások, melyeket a Virgo-halmaz galaxisaiból kidobódott magányos csillagokként lehet értelmezni. Mintegy 600 ilyen csillagot találtak. Figyelembe véve a vizs-

gált terület nagyságát az egész Virgo-halmazhoz képest, valamint azt, hogy ilyen távolságból csak a legfényesebb csillagokat lehet kimutatni, a becslések szerint közel 10 milliárd ilyen, a galaxisközi térbe kidobódott csillagnak kell lenni az egész halmazban.

Ha egy ilyen magányos csillag feltételezett bolygóján élő, feltételezett értelmes lény felnéz az éjszakai égboltra, akkor velünk ellentétben nem csillagokat fog látni, hanem közeli és távoli, spirális és elliptikus galaxisok kavalkádját a legkülönbözőbb szögekből. Fantasztikus látvány lehet...

Patkós László

Science News 1997. február

Szabados László

Búcsú az IUE-től

Közel két évtizedes folyamatos működés után 1996. szeptember 30-án kikapcsolták az eredetileg öt éves élettartamúra tervezett *International Ultraviolet Explorer* (IUE) berendezéseit. A Hubble űrtávcsövet megelőző időszakban kétségkívül ez volt a legeredményesebb keringő obszervatórium: műszerei több mint száztízezer színeképet készítettek az ultraibolya tartományban. Az IUE népszerűségét talán az jelzi a legjobban, hogy a spektrumok felvételében több mint kétezer csillagász vett részt észlelőként, az eredményekből közel ötezer tudományos cikk jelent meg referált szakfolyóiratban, és az IUE-színeképek félezer doktori dolgozat sikeréhez járultak hozzá szerte a világon. Az alábbi áttekintés az IUE tevékenységét, eredményeit méltatja — a teljességre való törekvés igénye nélkül.

Az IUE előtti helyzetkép

A színekép ibolyántúli tartománya több szempontból is érdekes a csillagászok számára. Az O, B és a korai A színeképtípusú csillagok sugárzásuk zömét a látható félynél rövidebb hullámhosszakon bocsátják ki. E forró csillagok effektív hőmérsékletének meghatározásához tudni kell, hogy mely hullámhosszon a legintenzívebb a csillag sugárzása.

A hidegebb csillagok esetében nem a folytonos színekép, hanem a színeképvonalak teszik fontossá a 300 nm-nél rövidebb hullámhosszakat. A csillagászatban lényeges szerepet játszó számos atom, ion (oxigén, szén, neon, nitrogén) és molekula (H_2 , N_2 , CO) az első gerjesztettből az alapállapotba való visszajutása, vagyis a rezonanciaátmenet során ultraibolya foton lép ki. A rezonanciavonalak az adott elem legerősebb vonalai, és néhány kis kozmikus gyakoriságú elem esetében csakis ezen vonalak megfigyelése remélhető. A gerjesztett állapotok közötti átmenetek rengeteg vonala ilyenkor kimutathatatlan marad, és a kémiai összetétel, valamint a gáz fizikai állapotát (nyomás, hőmérséklet, mozgásállapot, mágneses mező stb.) az ultraibolya hullámhosszakon lehet „távérzékelni”. Ez különösen igaz az alacsony hőmérsékletű anyagra, pl. a csillagközi felhőkre vagy a bolygóléggörökre, ahol az atomok és molekulák

többsége alapállapotú. Vannak továbbá olyan jelenségek, pl. a csillaglégkörökben zajló magas gerjesztettségű folyamatok, amelyekről szintén az ultraibolya hullámhosszak adnak felvilágosítást.

A földi légkör ózonpajza nem engedi a felszínre jutni a kozmikus UV-sugárzást, ezért e színtéptartomány vizsgálatához is az atmoszféra fölé kell juttatni a mérőműszereket. Az ötvenes-hatvanas években rakétákon elhelyezett detektorokkal mérték az égbolt ibolyántúli sugárzását. A hossz tengelye körül gyorsan forgó rakéta néhány perces repülési ideje alatt az égbolt jelentős részéről sikerült információt gyűjteni. Eleinte csak fotometriai, majd spektroszkópiai mérések is történtek rakétákról.

Az ultraibolya tartományt vizsgáló mesterséges holdak korszaka 1968-ban kezdődött (*OAO-2*). Az 1972-ben felbocsátott *OAO-3* (elterjedtebb nevén *Copernicus*) néhány évig tartó működése alatt kimérte a fényes csillagok ultraibolya színképét. Ugyancsak a korai UV-csillagászat mesterséges holdjai közé tartozott a nyugat-európai *TD-1* (1972), amely 9 magnitúdós határig az egész égboltra kiterjedő spektrofotometriát végzett, valamint a széles sávú fotometriai vizsgálatokat végrehajtó holland *ANS* (1974).

A kezdeti eredmények közül kiemelendő a forró csillagok hőmérsékleti skálájának meghatározása, a korai szuperóriás csillagok tömegvesztésének felfedezése, valamint a molekuláris hidrogén felfedezése a csillagközi anyagban.

Az International Ultraviolet Explorer (IUE)

Ilyen előzmények után 1978. január 28-án kezdte meg 6823 napos tevékenységét az eddigi leghosszabb élettartamú csillagászati mesterséges hold, az IUE. A *NASA-ESA-SERC* (*Science and Engineering Research Council*) együttműködés keretében az amerikaiak készítették el a távcsövet és a spektrográfokat, a nyugat-európai országok adták a napelemeket, míg a britek hozzájárulása a spektrográf vidikon-detektorainak és az azokat vezérlő szoftvereknek a megalkotása volt. A NASA és az ESA egy-egy felszíni követőállomásról is gondoskodott (a Goddard-űrközpontban, Maryland állam területén, ill. a Madrid melletti Villafranca del Castillo-ban).

A vezérléshez, a követéshez és a megfigyelési programok végrehajtásához azért volt elegendő ez a két állomás, mert az IUE geoszinkron pályán tartózkodott (és e tekintetben az első volt a csillagászati célú mesterséges holdak között – a második a *Hipparcos* asztrometriai mesterséges hold lett volna, ám annak geostacionárius pályára vezérlése nem sikerült). Sőt, az IUE működésének utolsó évében már csak az ESA követőállomása üzemelt, mivel a NASA korábban leállította a program támogatását. Az IUE üzemén kívül helyezésé-

vel most már az *ISO* (*Infrared Space Observatory*) infravörös obszervatórium távirányítása folyik a Madrid melletti központból.

Az IUE további támogatásának megvonása hallatán nemigen csóválhatjuk a fejünket. Egyrészt kezdetben csupán öt éves működést irányoztak elő, másrészt két évtized elteltével egyre több műszaki gond lépett fel (pl. a távcső irányának stabilizálásához használt hat giroszkóp közül a végén már csupán egyetlen maradt üzemképes), harmadsorban a már negyedszázados technikát alkalmazó egész berendezés lassan elavult.

A kis keringő obszervatórium egész tevékenységét egy mondatban summázva az a szakma egybehangzó értékelése, hogy nemcsak elismerésre méltó, hanem egyenesen bámulatos, hogy egy csupán 45 cm átmérőjű távcsővel ennyire sikerült gazdagítani, sőt átformálni asztrofizikai ismereteinket.

Persze a távcső még nem minden, a siker attól is függ, hogy mi van felszerelve a távcső „innenső végén”. Az UV-tartomány vizsgálata *echelle-spektrográfokkal* történt: a 115–195 nm, ill. a 190–320 nm tartományt érzékelő berendezésekkel. A detektorok két felbontást tettek lehetővé: a jobbik felbontás 0.02 nm volt (vagyis a $\lambda/\Delta\lambda$ felbontóképesség értéke 10 000), az alacsony felbontás pedig kb. 0.6 nm. A hosszabb hullámhossztartományt vizsgáló spektrográfokkal kb. 51 000 felvétel készült, a távolabbi UV-ben pedig mintegy 59 000. Nagyjából minden harmadik színeképnél a nagyobb felbontást alkalmazták. Az IUE két helyzetérzékelője eredeti teendője mellett még fotometriai adatokat is szolgáltatott.

Az IUE által vizsgált égitestek közül a Vénusz volt a legfényesebb, a leghalványabb pedig egy 21 magnitúdós planetáris köd. Az IUE révén végre sikerült extragalaktikus objektumokról, valamint szupernóva-kitörésekről is ultraibolya színeképet kapni.

A megfigyelések értékét tovább növeli, hogy rengeteg égitestről közel két évtizedre kiterjedő homogén (vagy a megfelelő korrekciók végrehajtásával egységessé tehető) észlelési anyag gyűlt össze. Ez lehetővé teszi az időbeli folyamatok, változások tanulmányozását is, ami kiemelkedő fontosságú.

Válogatás az IUE eredményeiből

A Naprendszer

A bolygók és holdjaik esetében az IUE-t főként a légkör tanulmányozására használták. Az atmoszféráról visszaverődött napfény színeképét a légköri gázok jellegzetes színekvonalai módosítják, sőt a magasabb (ritkább) rétegekben a légköri abszorpció helyett a rezonancia, fluoreszcencia vagy a részecske-

kölcsönhatás miatt emissziós vonal is kialakulhat. Egyebek között sikerült kimutatni a *Jupiter* légkörében az ammóniát, az acetilént, az allént (C_3H_4), a ciklopropánt (C_3H_6), a Mars atmoszférájában az ózont, a Vénusz légkörének éjszakai oldalán az ionizált nitrogén-oxidot, a Szaturnusz felsőlégkörében pedig meglepetésre a víz jelenlétére utaló színképvonalakat is találtak.

15 órás expozícióval az *Io* nevű Jupiter-hold légköre is kimutathatóvá vált, s e légkör létezésére a már korábban felfedezett vulkáni aktivitás ad kézenfekvő magyarázatot. Az igazi szenzáció azonban nem a kis hold légköre, hanem az *Io* körül kialakult, elektromosan töltött részecskékből (elektronokból, kén- és oxigén-ionokból) álló, tórusz alakú képződmény felfedezése volt. A hosszú megfigyelési idő alatt az is nyilvánvalóvá vált, hogy noha az *Io* vulkáni aktivitása epizódyszerű, a tórusz ionkoncentrációja hosszú éveken át stabil. Az ibolyántúli színeképből az is kiderült, hogy a magnetosferikus kölcsönhatás révén az *Io* felszínéről anyag áramlik a hozzá legközelebbi Jupiter-hold, az Europa felületére.

Magának a Jupiternek a magnetoszféráját és az ahhoz kapcsolódó aurora-tevékenységet is tanulmányozni lehetett (ezt aztán a *Shoemaker–Levy 9* üstökös Jupiterbe csapódásakor a *Hubble űrtávcső* vizsgálta igazán részletesen).

A várakozással szemben az *Uránusz* és a *Neptunusz* egymástól eltérőnek bizonyult az UV-adatok alapján. A Neptunusz tropopauzája felett magasabb a hőmérséklet, mint az Uránusz esetében, és a további különbségek is arra utalnak, hogy a Neptunusz belsejében eddig nem ismert energiaforrás van.

A nagybolygók holdjainál a fényesség hullámhosszfüggésének ismerete (az UV, optikai és infravörös tartományok alapján) az albedó meghatározásán keresztül lehetővé teszi a felszín közetösszetételének megállapítását.

E vizsgálatoknál a fő gond az egyidejű Nap-színkép hiánya volt. Ugyanis 180 nm-nél rövidebb hullámhosszokon a Nap sugárzásának intenzitása erősen időfüggő, és az annak megfelelő szórt színkép rakódik rá a bolygók és holdjaik színképére. Szerencsére a 220 nm feletti UV-hullámhosszokon a Nap színképe kielégítő mértékben állandó.

A Naprendszer kisebb égitestjei közül ötvennél több üstökös szerepelt az IUE programján. Az egészen különböző pályájú kométák vizsgálatából egyaránt lehetett következtetni a primordiális különbségekre, valamint a fejlődési/életkori effektusokra. Az UV-spektrumok alapján viszont beigazolódott, hogy az üstökösjég összetétele minden üstökösnél egyforma. A gáz és por aránya azonban jelentősen változhat. Ez ugyan már a korábbi infravörös mérésekből ismert volt, de az üstököst alkotó gázok pontos kémiai analizésére az ibolyántúli színkép sokkal alkalmasabb, mint a többi hullámhossztartomány. Így például az égitestek közül elsőként az üstökösöknél sikerült kimutatni a molekuláris ként.

Az üstökösök rendszeres megfigyelése lehetővé tette bizonyos időfüggő fo-

lyamatok tanulmányozását is. A perihélium-környéki megfigyelésekből mód nyílt az elemgyakoriság naptávolságtól való függésének meghatározására, főleg a hidroxil-molekula esetében. Sőt, a hosszú észlelési időszak lehetővé tette annak tanulmányozását is, hogy miként hat a naptevékenység változása az üstökösök viselkedésére (az *Encke-üstökös* háromévenkénti visszatérése alapos összehasonlításra adott lehetőséget). Az egyidejű fotometriai mérések sok üstökös gyors fényességváltozását is jelezték.

Az üstökösök pályájának ismeretében arra a következtetésre jutottak, hogy azoknál az üstökösöknél, amelyek első alkalommal kerültek a Nap közelébe, ilyen változás nem jelentkezett, ami arra utal, hogy a hirtelen fényességváltozás az üstökösrag porózus szerkezetével kapcsolatos. A gyors fényességnövekedéssel járó kitörések során sikerült azonosítani az ionizált szén-dioxid színekpvonalt az üstökösök kómájában. Általánosságban igaz, hogy a kómát alkotó elemek erős vonalai esnek az UV-tartományba. A nagy felbontású IUE-színképek tíz százalékát egyébként üstökösökről készítették.

Említésre méltó az technikai bravúr is, hogy 1996 márciusában, amikor már csak egy giroszkóp működött, a két helyzetérzékelő bevonásával sikerült megfelelő pontossággal követni az 1 fok/óra sebességgel mozgó *Hyakutake-üstököst* az észlelés ideje alatt.

Asztrofizikai eredmények

A csillagok IUE-megfigyelésére áttérve alapvető eredmény a normális csillagok *ultraibolya színeképatlaszának* megalkotása. A normális spektrumtól való minden eltérés pedig a csillag valamilyen különleges tulajdonságára, viselkedésére utal.

A forró csillagoknál megfigyelhető ilyen sajátosság az ún. *szuperionizáció*. Ez magas gerjesztettségű színekpvonalak, pl. ötszörösen ionizált oxigén (O VI), négyszeresen ionizált nitrogén (N V) jelenlétére utal, s ez az állapot nem valószínű, ha a csillag hőmérsékletét a sugárzási egyensúly szabja meg. O VI-ionokat találtak például B1 színekptípusú csillagok légkörében, pedig O3-nál alacsonyabb hőmérsékletű csillagnál ilyen nem lehetne. A szuperionizáció fellépte a csillagszélben jelen levő röntgensugárzás ionizáló hatásával magyarázható. A forró csillagoknál egyébként a *csillagszél* teljesen tipikus, az annak révén kiáramló tömeg elérheti az évenkénti egymilliomod naptömeget is.

A csillagszél és a tömegvesztés jelensége ugyanakkor nemcsak a forró csillagok sajátossága, az emissziós O- és B-csillagokon, valamint a Wolf–Rayet-csillagokon kívül a késői színekptípusú, hideg csillagok is bocsátanak ki csillagszelet. Az IUE mérései alapján sikerült pontos képet kapni arról, hogy a

csillagok luminozitásának és hőmérsékletének függvényében milyen mértékű a csillagszél okozta tömegvesztés.

Különösen erős csillagszelet találtak a planetáris ködök központi csillagának esetében. A több ezer km/s sebességű anyagkiáramlás megerősíti a planetáris ködök létrejöttére vonatkozó korábbi modellt, amely szerint a köd ott alakul ki, ahol a nagy sebességű csillagszél utoléri a korábban kibocsátott, kisebb sebességgel haladó anyagot és összeütközik azzal.

A csillagszél mellett a *csillaglégkörök* felépítése is jól szondázható az ibolyántúli sávban. A csillagkromoszféraák létre és az ott zajló mozgásokra az ionizált kalcium optikai sávba eső H és K vonala mellett a magnézium-ion 279.5 és 280.2 nm hullámhosszú h és k vonalaiból lehet következtetni. A Mg-emisszió a Ca-emissziót kibocsátó réteg fölött keletkezik. Megállapították, hogy az A7–M7 közötti színképtípusú csillagoknak lehet kromoszférajuk a szuperóriások kivételével. A kromoszféra és a korona közötti átmeneti régió létre a CIV-emisszió utal. A Hertzsprung–Russell-diagramon az átmeneti régió előfordulásának viszonylag éles határa van. A kromoszférával rendelkező csillagok közül a közepes G-nél későbbi szuperóriásoknál és a K1 III-nál későbbi óriásoknál már nem lép fel az átmeneti régió. Kivételek azonban itt is vannak: az ún. hibrid csillagok egyidejűleg veszítenek anyagukból a nagy sebességű csillagszél révén, valamint a hagyományos csillaglégköri folyamatok által. A csillagkromoszféraák vizsgálatánál a Mg II h+k vonalának nagy felbontású profiljából a vonalat keltő terület sebességmezője is tanulmányozható.

A kromoszferikus aktivitás mértéke időben változó lehet. A nagy aktivitás általában szabálytalan fluktuációt eredményez, mérsékelt aktivitásnál viszont szabályos ciklusok jelentkeznek. A naptevékenység nyomon követéséből ismert, hogy a Ca II K vonala a plage-terület nagyságára és fényességére utal. A csillagkromoszféraák IUE-vel történt analíziséből megállapították, hogy korreláció van a Ca II H+K és a Mg II h+k vonalak viselkedése között. Egyes sárga törpecsillagok magnéziumvonalai alapján meg tudták határozni az aktivitási ciklus hosszát is. Például a Napnál idősebb β Hydri esetében a ciklus-hossz kb. 16 évnek bizonyult. Megemlítendő, hogy a β Hydri kromoszferikus aktivitása csak tizede a Napénak, de a magnéziumvonalak százszor érzékenyebbek a kromoszferikus aktivitásra, mint a kalcium vonalai, így a jelenség nagy biztonsággal kimutatható.

A csillagok sokféleségére tekintettel az általános megállapítások után érdemes felhívni a figyelmet a speciális csillagtípusokkal kapcsolatos eredményekre.

A *Herbig–Haro* (HH-)objektumok a csillagkeletkezési területeken éppen kialakult csillagok közelében jönnek létre, amikor a csillagból származó kétirányú kilövellés keltette lökéshullám a visszamaradt csillagközi anyaggal találkozik. A HH-objektumok optikai színképe a lökéshullám mögötti rekombiná-

ció jegyeit mutatja. A lökéshullám-elmélet alapján a HH-objektumokat aligha lehetett volna észlelni az UV-tartományban. A megfigyelési tények azonban megcáfolták a várakozást: az optikai tartományban alig mérhető kontinuumhoz képest az UV-hullámhosszakon igen erősnek bizonyult a kontinuum, ráadásul alacsony és magas gerjesztettségű színképvonalak egyaránt tartkítják a folytonos színképet, vagyis az ionizáció sem felel meg az optikai sávban tapasztaltnak. A váratlan viselkedést a sík lökésfront helyett fejhullám terjedésével próbálják magyarázni.

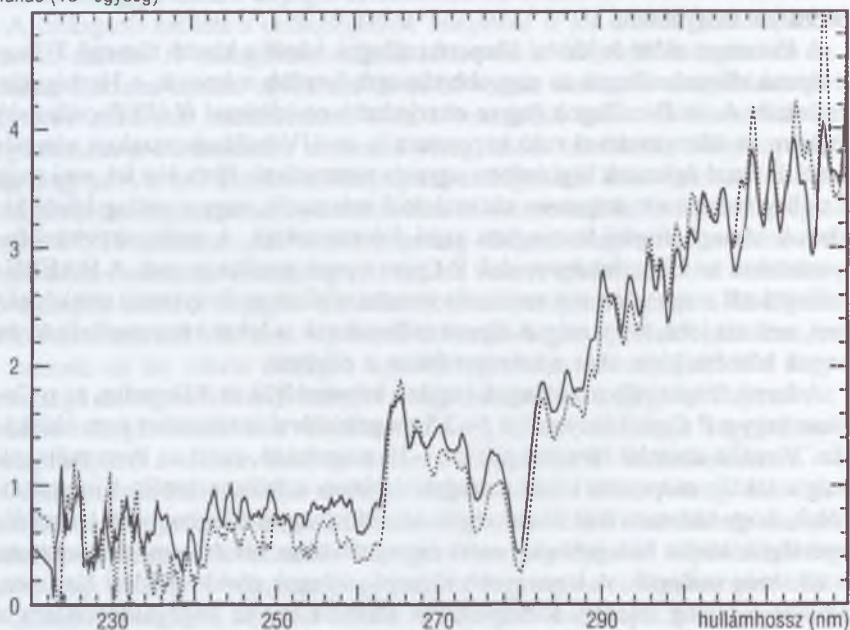
A fősorozat előtti fejlődési állapotú csillagok közül a kisebb tömegű *T Tauri* típusú változócsillagok és nagyobb tömegű, forróbb rokonaik, a Herbig-féle emissziós A- és B-csillagok (egyre elterjedtebb rövidítéssel *HAEBE-csillagok*) légköre és környezetével való kapcsolata is az UV-hullámhosszakon vizsgálható. E fiatal égitestek légkörében ugyanis nemradiatív fűtés lép fel, ami vagy a csillag belsejének mágneses aktivitásától származik, vagy a csillag körül kialakult tömegbefogási korongban zajló folyamatoktól. A csillagaktivitási folyamatokra az UV-színképvonalak P Cygni típusú profilja is utal. A HAEBE-csillagoknál meglepően sok emissziós vonalat találtak az ibolyántúli színeképekben, ami azt jelzi, hogy még A-típusú csillagoknak is lehet kromoszférajuk, és annak hőmérséklete akár a százezer fokot is elérheti.

A forró, fényes változócsillagok (tipikus képviselőjük az *S Doradus*, az η *Carinae* vagy a *P Cygni*) fényessége 1–2.5 magnitúdóval is változhat éves időskálán. Vizuális abszolút fényességük kb. –10 magnitúdó, ezért az ilyen csillagok még a lokális csoporton kívüli extragalaxisokban is felismerhetők. Kimutatták róluk, hogy bolometrikus fényességük állandó (vagyis a legnagyobb látszó fényességük idején hidegebbek), ezért extragalaktikus távolság-meghatározásra is alkalmas csillagok. A legnagyobb tömegű csillagok rövid fejlődési fázisa ez, amikor a csillag intenzív tömegvesztést szenved el. Az anyagkidobódásra a P Cygni típusú vonalprofil utal (az emissziós mag rövid hullámhosszú oldalán fellépő abszorpció), de az *S Doradus* optikai színeképeiben 1989-ben inverz P Cygni típusú profilt is észleltek, ami viszont anyagbehullásra utal. A jelenleg magyarázata az, hogy az *S Doradus* több anyagot dobott ki az 1988-as fénymaximumakor, mint amennyit ki tudott hajtani a „végtelenbe”, és a kisebb energiájú anyag visszahullott a csillagra. Az IUE-mérések ugyanakkor azt mutatták, hogy az UV-színképvonalak nem váltottak át az ellenkező irányú mozgásnak megfelelő inverz profilra. Az ibolyántúli vonalak tehát a ledobott burok külső részén keletkeztek, ami rendületlenül távol tovább. Az efféle aprólékos megfigyelésekkel az egyelőre tisztázatlan kitörési mechanizmus megfigléséhez juthatunk közelebb.

A kozmikus távolságskála kalibrálásánál alapvető a cefeida változócsillagok szerepe. A pulzációs periódus és az abszolút fényesség közötti összefüggés nullapontjának meghatározásához nélkülözhetetlenek azok a kísérőcsillagok,

amelyeket az IUE-színképek alapján fedeztek fel. Mintegy két tucat cefeidánál sikerült kimutatni B-típusú kísérőt, mivel az UV-hullámhosszakon már a másodkomponens sugárzása erősebb, mint a sárga szuperóriás cefeidáé. A kék csillag spektroszkópai parallaxisa megadja a cefeida távolságát is, ezáltal a periódus–abszolút fényesség összefüggés is kalibrálható.

fluxus (10^{13} egység)



2.1. ábra. Az *Y Lacertae* cefeida UV-fluxusát (folytonos görbe) egy kék kísérő jelenléte növeli meg. A szaggatott vonal egy, a cefeidáéval azonos spektráltípusú szuperóriás csillag színképét mutatja. (EVANS, SZABADOS és UDALSKA, *PASP* 102, 1990)

Az IUE-hez kapcsolódó egyik legszerteágazóbb kutatási terület a kettőscsillagok vizsgálata. Ez azért is fontos, mert a csillagoknak legalább fele kettős vagy még több komponensből álló rendszert alkot. A kettőscsillagok jelentős részénél anyagátáramlás alakul ki a komponensek között, ami a csillagszélhez hasonlóan főként az ultraibolyában vizsgálható, de a csillagok körül burok vagy más geometriai szerkezet (pl. tömegbefogási korong) is létrejöhet, amely látványos változás előidézője lehet.

Az *Algol-típusú* kettősök egy részénél magas hőmérsékletre utaló színképvonalak figyelhetők meg a csillagok körüli anyagban, amelyek kialakulásának

oka még nincs tisztázva. A *V471 Tauri* fedési változó részletes vizsgálatából meg tudták határozni a K2 V és DA komponensekből álló kettős rendszer légkörének háromdimenziós szerkezetét, a koronahurkok és az azokkal fizikai kapcsolatban levő csillagfoltok elhelyezkedését. Egy másik igen alaposan tanulmányozott kettőscsillag az U Cephei (B7–8 V + G8 III–IV). Periodikusan fellépő, rendkívül heves tömegátáramlási epizódjai alkalmával nyomon lehetett követni, hogy az optikailag vastag plazma hogyan borítja be a kevésbé fejlett B-komponenst.

A kataklizmikus változócsillagok – nóvák, törpe nóvák, szimbiotikus csillagok – mindegyike kettős. Az IUE lehetővé tette a szimbiotikus csillagok környezetében levő cirkumsztelláris anyag vizsgálatát. A szén-, nitrogén- és oxigén-ionok gyakoriságából egyértelműen megállapították, hogy a forró csillag melletti ködöt nem a kompakt, forró komponens kitörése okozza, hanem a vörös óriás tömegvesztése.

A nóváknál és a törpe nóváknál a kitörésre vonatkozó modellek kidolgozásához nyújtott fontos adalékokat az IUE. A hagyományos nóvakitörésen kívül (amikor szénben és oxigénben gazdag magú fehér törpe körül kialakult forró hidrogénburokban következik be termonukleáris megszabadás) olyan nóvakat is megfigyeltek, amelyeknél a magfúzió a neonig (rendszáma 10) is lezajlik. Az ex-nóvák, vagyis a kitörést követő „nyugalmi” állapotban tovább folytatódik a komponensek közötti anyagátáramlás, de normális kémiai összetételű anyaggal. Az 1992-es *Nova Cygni* kitörését sikerült az IUE-vel is végig követni. Ezzel kapcsolatban lényeges lehet az a megfigyelés, hogy az ultraibolya hullámhosszakon a kitörés maximuma a legnagyobb optikai fényesség előtt következett be.

A törpe nóvák kitöréséről pedig kiderült, hogy az ibolyántúli tartományban a jelenség kb. egy napot késik az optikai kitöréshez képest, azaz a kitörés az anyagbefogási korong hidegebb, külső részében kezdődik el, majd onnan terjed befelé. Nem helytálló tehát a törpe nóvák kitörésére vonatkozó mini-nóva elképzelés. Az IUE-színképek részletesebb analízise szerint a törpe nóvák kitörésének oka a kísérő csillag instabilitása miatt megnövekedett tömegkiáramlás.

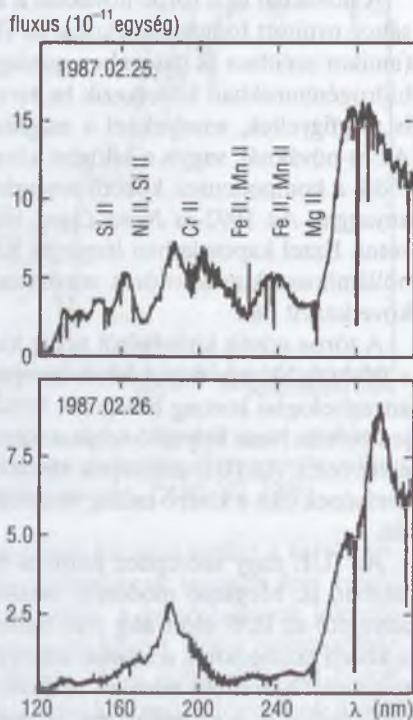
Az IUE nagy szerephez jutott a csillagközi térben található anyag vizsgálatában is. Meglepő módon a lokális (100 parszeknél közelebbi) csillagközi anyagról az IUE előtt alig volt információnk. Nagyon kicsi ugyanis azoknak a közeli csillagoknak a száma, amelyek látható színképében kiértékelhető, intersztelláris eredetű vonalak vannak. A fehér törpék viszont gyakran előforduló csillagok a közelünkben, és magas effektív hőmérsékletük miatt sugárzásuk nagy része ibolyántúli. Nagy felbontás esetén a fehér törpék folytonos színképében számos csillagközi eredetű abszorpciós vonal mutatható ki, egyebek között a semleges nitrogén és oxigén, valamint az ionizált szilícium, szén,

vas és magnézium vonalai. A leggyakoribb elem, a hidrogén vonalai az UV-tartományban hiányoznak, de a többi elem sűrűségéből a hidrogén gyakoriságára is lehet következtetni. Az is kimutathatóvá vált, hogy a Nap egy kis sűrűségű csillagközi felhő szélén található. Ez a szerencsés véletlen aztán lehetővé tette az extrém UV-tartomány (100 nm-nél rövidebb hullámhosszak) vizsgálatát, mert a környezetünkben levő intersztelláris anyag mégsem képez áthatolhatatlan függönyt. Ezeket a vizsgálatokat azonban már nem az IUE-vel hajtották végre. Az IUE fontos eredményei közé tartozik a csillagközi anyag forró komponensének nyomon követése a magas ionizációs fokú vonalak révén. Az ütközéssel ionizálódó gáz radiális sebességének eloszlása alapján arra következtettek, hogy a galaktikus haló a fősíktól távol a korábban véltnél lassabban rotál, ezért a haló skálamagasságát is módosítani kellett.

Túl a Tejútrendszeren

Az IUE az extragalaxisok kutatásában is új fejezet kezdetét jelentette. Különösen érdekesek az aktív galaxismagokkal, a kvazárokkal és az optikailag erősen változó, de emisszió nélküli *blázárokkal* (*BL Lacertae* típusú objektumok) kapcsolatos eredmények. A kvazárok megfigyelése az IUE spektrográfjaival egyébként is technikai bravúr volt, mert a kvazárok olyan halványak, hogy a kényszerűen hosszú „expozíciós” idő alatt a távcső vezetését egy fényesebb csillaggal végezték, amely ismert szögtávolságra van a kvazártól. A leglényegesebb eredmény annak felismerése volt, hogy az aktív galaxisok és a kvazárok egymással rokon objektumok, csak skálabeli különbség van közöttük: a kvazárok nagyobbak, fényesebbek és távolabb vannak tőlünk.

Az IUE hosszú élettartamát az extragalaktikus objektumok esetében is alaposan kihasználták. Az időbeli változások nyomon követése során azt



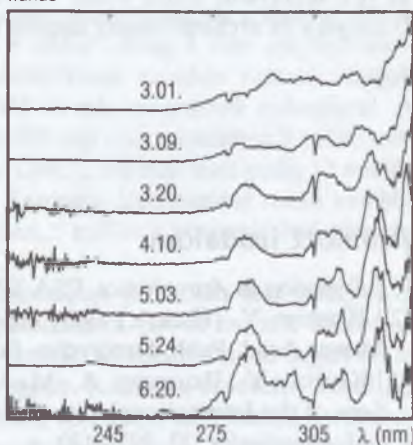
2.2. ábra. Az SN 1987A két ultraibolya színeke, közvetlenül a kitörés után

tapasztalták, hogy pl. az *NGC 4151*, a legismertebb *Seyfert-galaxis* nyolcéves szünet után kezdte újra aktivitását. A változások karakterisztikus ideje egyébként annak a térrésznek a nagyságára utal, ahonnan a megfigyelt változás ered. Az aktív galaxismagoknál a folytonos ultraibolya színkép intenzitásváltozása összhangban van az emissziós vonalakéval, s ez arra enged következtetni, hogy az emissziós vonalak fotoionizációs eredetűek. A $2\ \mu\text{m}$ -es infravörös hullámhosszon vizsgálva a kontinuum fényessége kb. egy évet késik az ultraibolyához képest, ami pedig arra utal, hogy az elnyelt fotonokat kisebb energián visszasugárzó porburrok egy fényévre van a nem-termális forrástól. Ezen galaxismagok központi része csupán néhány fénynap kiterjedésű is lehet, de mindenképpen kisebb 0.1 parszeknél. A blazároknál — ahol tehát nem mutathatók ki emissziós vonalak — nem az ionizáló fotonok hiányoznak, hanem nincs elegendő ionizálható gáz, vagy esetleg az ionizáló fluxus nem közvetlenül a gázfelhőre esik. A kvazárok UV-színképében levő abszorpciós vonalakból még a galaxisok halójának és az intergalaktikus térnek az anyagára is lehet következtetni.

A normális (nem aktív) galaxisoknak a forró csillagpopulációtól eredő ultraibolya sugárzása az éppen ott zajló csillagkeletkezésre utal. Az UV-hullámhosszak tanulmányozását ezért mindenképpen össze kell kötni az infravörös tartomány vizsgálatával, mert azokon a hullámhosszon mélyen be lehet látni a csillagkeletkezési vidékek belsejébe. Az ultraibolya spektrális energiaeloszlásból kiderült például, hogy még az elliptikus galaxisokban is vannak fiatal, nagy tömegű csillagok.

Még kozmológiai kutatásokra is fel lehetett használni az IUE-t. A τ -neutrínó bomlását szerették volna kimutatni, mivel a $z = 0.5 - 0.6$ vöröseltolódású galaxishalmazok irányából a $28-30\ \text{eV}$ nyugalmi tömegű részecske bomlása $130\ \text{nm}$ -es hullámhossznál lenne kimutatható. Az alacsony felületi fényesség miatt a spektrográf teljes ($10 \times 20''$ -es) felületéről integrálták a jeleket, de így sem sikerült a keresett emisszió detektálása. Az univerzum sötét anyaga tehát barionos formában létezik, nem τ -neutrínóként.

fluxus



2.3. ábra. A szupernóva spektrális fejlődése 1987 márciusától júniusáig.

(A 2.2. és a 2.3. ábrákat R. GILMOZZI cikkéből vettük át, *Evolution in Astrophysics...*, ESA SP-310, 1990)

A szupernóvákkal kapcsolatos eredményeket itt nem részletezzük. Annak idején sok cikk jelent meg a Nagy Magellán Felhőben bekövetkezett 1987-es szupernóva-robbanásról. Amit érdemes megemlíteni, az az IUE észlelési programjának rugalmassága, hiszen néhány órával az *SN 1987A* megjelenése után az IUE műszerei már a szupernóva felé fordultak. Hasonlóképpen érdekes volt az *M81*-ben felfénylett *SN 1993J* megfigyelése. Ez utóbbi szupernóva UV-felvillanása gyorsabb volt látványos elődjéhez viszonyítva. Az UV-fluxus már akkor erősen csökkent, amikor az optikai fényesség még növekedett. Ez a robbanást keltő csillag nagyobb tömegére utal.

Érdekes együttműködést folytatott az IUE stábja az 1990-ben felbocsátott *ROSAT* röntgenhold tudományos programját koordináló csapattal. 1990 júniusától fél éven át a két hold együttes kutatásokat végzett 123 gondosan kiválasztott égitestről. Ez egyaránt bizonyítja a csillagászat nemzetköziségét és az elektromágneses színek minél teljesebb lefedésének fontosságát.

A műszerek kikapcsolásával az IUE szerepe azonban még nem ért véget. Mire e sorok megjelennek, már elkészül és nyilvánosan hozzáférhetővé válik az *IUE-archívum*, amely közel 105 000 kalibrált spektrumfelvételt tartalmaz. Bizonyára az archivált anyag alapján is születnek még újabb felfedezések.

GOOD BY IUE !

Ajánlott irodalom

- [1.] *Evolution in Astrophysics*, ESA SP–310. 1990.
- [2.] KONDO, Y. (főszerk.) 1989, *Exploring the Universe with the IUE Satellite*, Kluwer Acad. Publ., Dordrecht–Boston–London
- [3.] KONDO, Y., BOGGESS, A., MARAN, S. P. 1989, Astrophysical Contributions of the International Ultraviolet Explorer, *Annual Review in Astronomy and Astrophysics*, 27. 397–420. o.
- [4.] SZABADOS L. 1990, Ibolyántúli üzenetek, *Föld és Ég*, 1990. 7. 214–218. o.
- [5.] WAMSTEKER, W. 1994, 15 Years of IUE, *Frontiers of Space and Ground-Based Astronomy*, szerk. W. Wamsteker et al., Kluwer Acad. Publ., Dordrecht–Boston–London, 77–86. o.

Kolláth Zoltán–Jean-Philippe Beaulieu

A mikrolencse programok néhány változócsillagászati eredménye

Az elmúlt években több programot is indítottak a gravitációs mikrolencsék keresésére, hogy egyéb módszerekkel kimutathatatlan, de a sötét anyag miatt nagy jelentőségű csillagokat keressenek (Szatmáry K.: Barna törpecsillagok mint gravitációs lencsék, *Meteor csillagászati évkönyv* 1995, 154. o.; Szatmáry K.: Más csillagok bolygóinak felfedezése, *Meteor csillagászati évkönyv* 1997, 160. o.). CCD fotometriával csillagok millióinak fénygörbéjét mérték ki a viszonylag ritka jelenség kimutatásának reményében.

A megtalált mikrolencse események száma viszonylag kicsi a megfigyelések számához képest (pl. 2 biztos esemény 4 millió csillag 4 éves megfigyeléséből az EROS program esetén). Melléktermékként azonban változócsillagok tízezreit fedezték fel a *MACHO*, az *EROS* és más programok csillagásza. A *MACHO* program 80 ezer változót talált 400 nap alatt, miközben 9 millió csillagot vizsgált a Nagy Magellán Felhőben (LMC), 200 nap alatt pedig 12 milliót a Tejútrendszer központi dudorában. A kampány kiterjesztése során további 2 millió csillagot figyeltek meg az LMC-ben, 5 milliót a központi dudorban és 3 milliót a Kis Magellán Felhőben (SMC).

Az óriási adatmennyiség számos új eredményt produkált már eddig is, s a jelen cikk írásakor sok minden még publikálásra vár. A szerzők főként az EROS program adatainak ismeretében (J-P. B. az EROS csapat tagja) az új megfigyelések interpretálásán dolgoztak együtt. A számos eredmény közül így arra koncentrálunk inkább, amivel magunk is szorosabb kapcsolatba kerültünk – talán ez megengedhető egy nagyon széleskörű vizsgálat bemutatásában. A cikk végén ízelítőt adunk a megfigyelések modellezésében elért eredményekből is.

A csillagok fizikájának megismerése szempontjából ezek az új megfigyelések rendkívül fontosak. Paramétereikben egymáshoz hasonló csillagokról juttunk így homogén adatokhoz. Ez lehetőséget ad pl. arra, hogy a korábban ismertnél lényegesen pontosabban térképezzük fel a *Hertzprung–Russell-diagramot*, vagy a különböző periódusok esetén megfigyelhető másodlagos változásokat (pl. a fénygörbe alakjának változása a periódus függvényében). Ezen

jelenségek nagyon szigorú megkötéseknek adnak az elmélet számára, ha megfelelő matematikai módszerekkel analizáljuk őket.

A mikrolencse programok jelentőségét a változócsillagok megismerésében az is érzékelteti, hogy az ismert változócsillagok száma az EROS és a MACHO jóvoltából megsokszorozódott (jelentős számú változócsillag felfedezését eredményezte az OGLE mikrolencse program, és a HIPPARCOS asztrometriai mesterséges hold is).

Számok, melyek leírják a fénygörbét

Ahhoz, hogy az elmélet számára hasznosítható adatokhoz jussunk, definiálnunk kell néhány mennyiséget. A legegyszerűbb és legkönnyebben meghatározható adat a *periódus* (két egymást követő minimum vagy maximum között eltelt idő). Amennyiben a csillag több periódussal is rezeg egyszerre (több módusú pulzáció) akkor az összes periódust megadhatjuk. A frekvenciák aránya jelent itt fontos információt.

A következő egyszerűen megadható mennyiség az *átlagos fényesség*. Ez általában az adott megfigyelőcsoportra jellemző fotometriai sávban megadott érték. Az EROS két széles sávban, kék és vörös tartományban mért (B_E , R_E majd a második kampányban B_{E2} és R_{E2} magnitúdók – az E index az EROS programra utal). Amennyiben több színben mérnek, esetleg a spektrum is adott egy csillagról, akkor a fényesség-értékek a standard fotometriai rendszerekbe is áttanszformálhatók. A periódus és a fényesség együttesen már alkalmas arra, hogy empirikus periódus–fényesség diagramokat gyártunk, amelyek a csillagászati távolság-meghatározás fontos eszközei.

A fénygörbék alakja is fontos információt hordoz. Számszerű alakban ez a *Fourier-paraméterekkel* adható meg. A periodikus fényességváltozás megadható szinuszos változások összegeként, ahol az egyes komponensek frekvenciája a csillag rezgési frekvenciája és annak egész számú többszörösei. Az egyes komponensek amplitúdóinak aránya és a fázisai különbségei használhatók legeredményesebben. Mivel írásunkban többször is használunk ilyen mennyiségeket, a pontosabb definíciót is megadjuk. A fénygörbét a

$$m(t) = A_0 + \sum_{k=1}^n A_k \cos(2\pi k f t + \varphi_k)$$

alakban megadva, az $R_{21} = A_2/A_1$, $R_{31} = A_3/A_1 \dots$ amplitúdóarányokat és a $\Phi_{21} = \varphi_2 - 2\varphi_1$, $\Phi_{31} = \varphi_3 - 3\varphi_1 \dots$ fáziskülönbségeket definiálhatjuk. f a periodikus változás frekvenciáját jelenti, A_k az f k -adik harmonikusának (azaz az egész számú többszörös frekvenciájú változásának) amplitúdója.

Mivel a szakirodalomban is gyakran keverik a harmonikusokat a felhangokkal (a zenei hangtanban ez megtehető, mivel egybeesnek), hangsúlyozzuk, hogy itt egy rezgési módusról van szó. Ha a csillag több módusban is rezeghet, akkor ott alpmódusról és felhangokról beszélünk – ahol a felhangok frekvenciája nem feltétlenül egész számú többszöröse az alpmódusénak. Így tehát minden módusra külön-külön határozhatók meg a harmonikusok és Fourier-paraméterek.

A fenti mennyiségek rendkívül fontosak ahhoz, hogy az óriási megfigyelési adathalmazt kezelhessük. Ezen kívül az elméleti pulzációs modellek is az itt definiált adatok segítségével hasonlíthatók össze a megfigyelésekkel. A csillagok modelljei egyértelműen meghatározottak a kémiai összetétel, a tömeg (M), a luminozitás (L) és az effektív hőmérséklet (T_{eff}) megadásával, azaz ezen paraméterek ismeretében a fizikai mennyiségek (pl. sűrűség, nyomás) számíthatók a csillag belsejének bármely pontjában.

Az így felépített csillagmodell lineáris stabilitásának vizsgálatával (azaz meghatározva, hogy nagyon kicsiny perturbációk hatására hogyan viselkedik a gázgömb), megadhatók azon periódusok, melyekkel a csillag rezeghet, és ezek közül is kiválaszthatók azok az oszcillációk, melyek gerjesztődhetnek.

Ez a vizsgálat (a lineáris pulzációk elmélete) jó közelítéssel megadja a csillag rezgéseinek lehetséges periódusait, s azok arányait, de a fénygörbe alakjáról és amplitúdójáról nem ad számot. Ehhez a nemlineáris pulzáció elméletét kell használnunk, amely a rezgések amplitúdóját meghatározó kölcsönhatásokat (pl. az egyes módusok közötti rezonanciákat) is figyelembe veszi.

A pulzációs elmélet a csillag paramétereinek (M , L , T_{eff} és kémiai összetétel) ismeretében megadja a rezgések periódusait és a fénygörbe jellegzetességeit. Ez a kapcsolat visszafelé is igaz: a megfigyelhető mennyiségekből visszakövetkeztethetünk a csillagok paramétereire, és ellenőrizhetjük a modellezéshez felhasznált fizikai folyamatok helyességét.

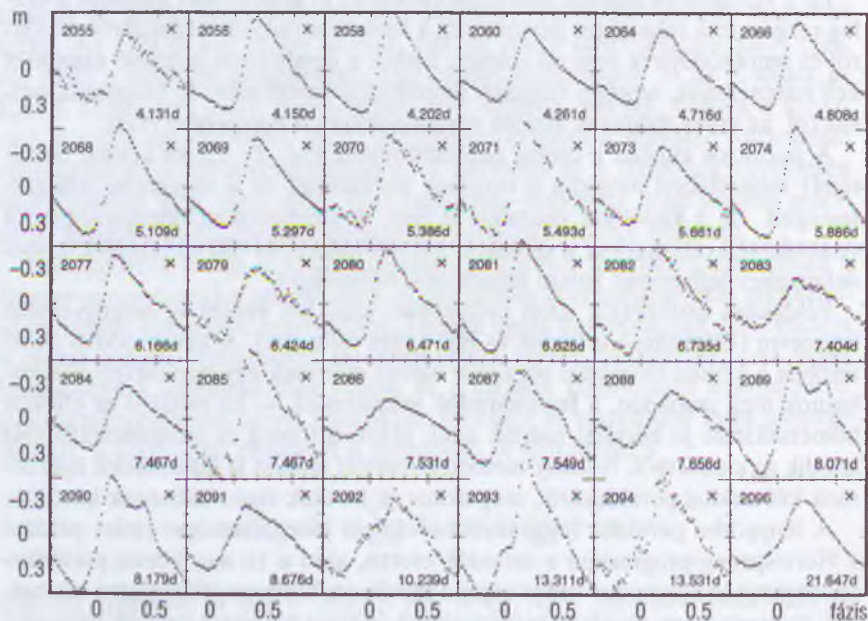
Példaként említhetjük azon csillagokat, ahol két rezgés is megfigyelhető egyszerre (kétmódusú cefeidák és RR Lyrae csillagok). A két periódus ismeretében a kémiai összetétel rögzítése esetén már csak egy paramétert választhatunk meg szabadon, a fennmaradók számíthatók – ha például az effektív hőmérsékletre jó becslést tudunk adni, akkor a tömeg és a luminozitás már adódik az elméletből. Néhány esetben közvetett módon is információt nyerhetünk két módus periódusáról, még akkor is, ha csak egyet láthatunk közülük.

A fénygörbe periódus függvényében változó jellegzetességei (mint például a Hertzsprung-progresszió a cefeidák esetén, ahol a 10 nap körüli periódustartományban egy dudor vonul végig a maximum környezetében) arra utalhatnak, hogy az egyes rezgések periódusainak arányai kis egész számok hányadosaként adhatók meg (ezek a rezonanciák). Az elmélet számára ez a jelenség

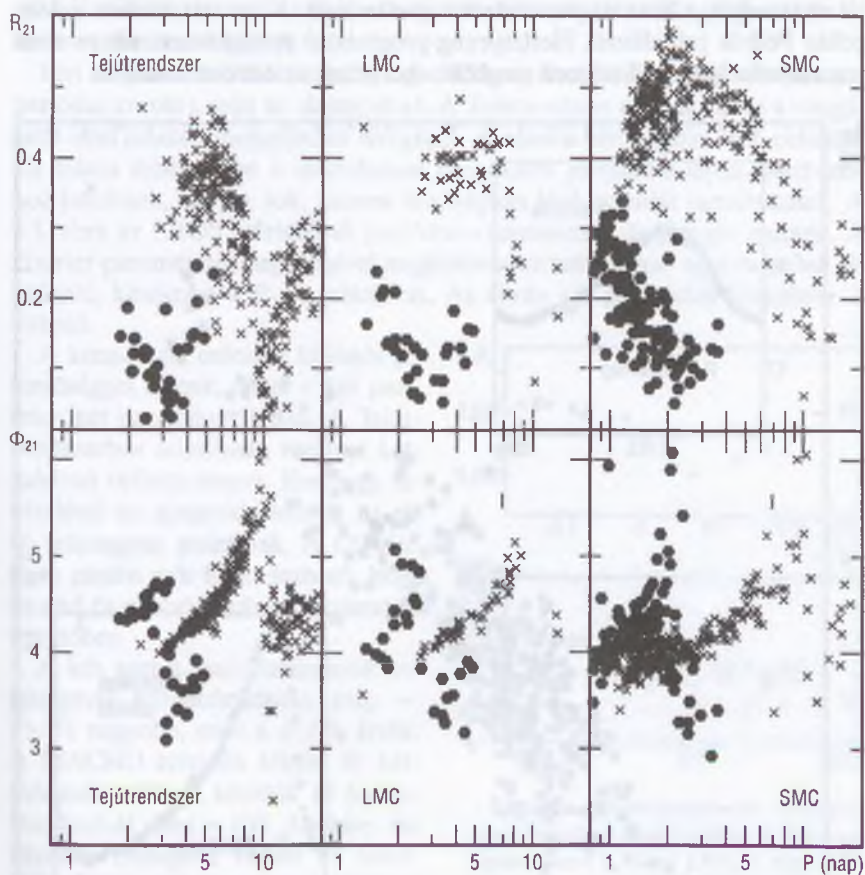
is szép feladatot ad, a megfigyelt Fourier-paraméterek viselkedésének leírását. Most pedig lássuk a megfigyelt adatokat is!

Cefeidák

Az EROS csoport által megfigyelt Kis Magellán Felhőbeli cefeidák egy csoportjának a fénygörbéit a 3.1. ábrán mutatjuk be. Megfigyelhető a jó mintavételezés és a jó jel/zaj viszony. A tíz napos periódus körül a fénygörbékben egy dudor található, amely a periódus függvényében máshol helyezkedik el a maximum helyéhez képest. Ez a *Hertzsprung-progresszió*, ami a Fourier-paraméterek segítségével számszerűsíthető. Második ábránkon az első két harmonikus amplitúdó arányát (R_{21}) és fáziskülönbségét (Φ_{21}) ábrázoltuk a periódus függvényében. A Tejútrendszerre vonatkozó adatok régebbi megfigyelések, az SMC és LMC diagramjai az EROS eredményei. A cefeidák e Fourier-paraméterek értéke szerint két csoportra oszthatók (3.2. ábra) — kereszttel jelöltük a klasszikus cefeidákat, a kitöltött hatszögekkel pedig az s-cefeidákat (ezek definiálására még később visszatérünk).



3.1. ábra. A Kis Magellán Felhőbeli cefeidák egy csoportjának a fénygörbéi

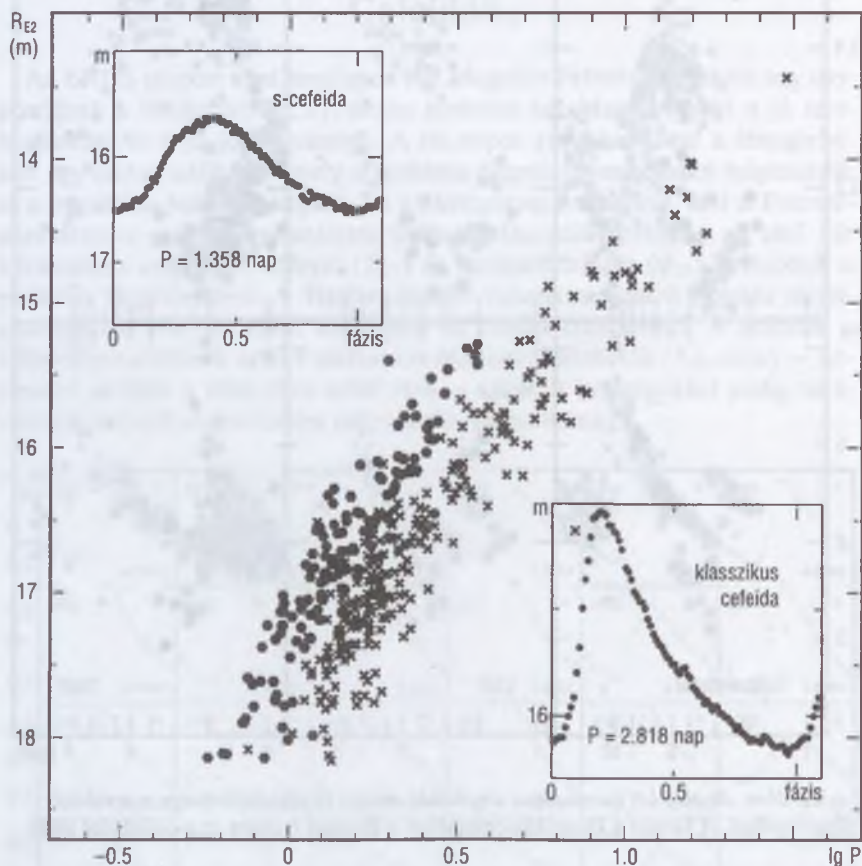


3.2. ábra. Az első két harmonikus amplitúdó aránya és fáziskülönbsége a periódus függvényében. A kereszt a klasszikus cefeidákat, a kitöltött hatszög az s-cefeidákat jelöli

A klasszikus cefeidák esetén 10 napos periódus körül a Φ_{21} görbéken egy fázisugrás található, míg az R_{21} értékeknek minimuma van. Az EROS megfigyeléseiből az LMC cefeidáira nem figyelhető meg egyértelműen ez a jellegzetesség, de a MACHO megfigyeléseiben ez határozottan megtalálható a 10–11 napos periódusú tartományban. A Tejutrendszer esetén ez a periódus-tartomány 9.5–10.5 napra esik, míg az SMC esetén 10.5–11.5 napra.

A Tejutrendszer cefeidáinak modellezése alapján tudjuk, hogy a Hertzsprung-progresszió egy rezonancia eredménye, ahol is a második felhang periódusa az alapl módus periódusának fele. A Tejutrendszer esetén a modellek

jól visszaadják a Fourier-paraméterek viselkedését. Közvetett módon a Magellán Felhők cefeidáinak Hertzsprung-progresszió periódustartományára ezen rezonancián keresztül szigorú megkötéseket jelent az elmélet számára.



3.3. ábra. Az EROS program cefeidáinak periódus–luminozitás diagramja

Az s-cefeidák esetén is megfigyelhetjük a Fourier-fázisok hasonló viselkedését a kisebb periódusú tartományban. Az a kérdés, hogy ez is rezonanciához kötődik-e, még nyitott. Először is meg kell értenünk, hogy mi az oka a két eltérő csoport létezésének. A legvalószínűbb, hogy az s-cefeidák az első felhangban oszcillálnak, míg klasszikus társaik az alaplómodusban. Ezt már önmagában az is jelzi, hogy az s-cefeidák kisebb periódus körül csoportosulnak.

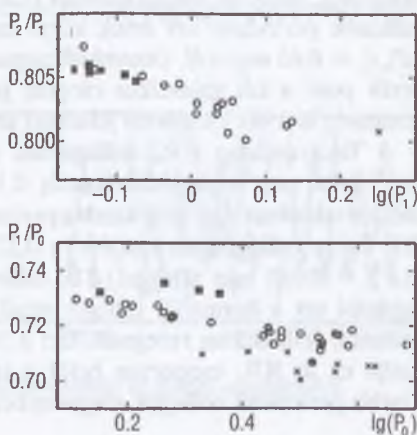
Az iménti feltételezést azzal igazolhatjuk, ha elkészítjük a csillagok periódus – luminozitás összefüggését.

Elvi megfontolásokból tudjuk, hogy a felhang luminozitása nagyobb (azonos periódus esetén), mint az alaphangé. A Tejútrendszer cefeidáira ezt a vizsgálatot nem lehetett meggyőzően elvégezni, az azonos távolságban lévő cefeidák kis száma miatt. Most a mikrolencse programok jóvoltából olyan adatbázis-hoz jutottunk, melyek sok, azonos távolságban lévő cefeidát tartalmaznak. A 3.3. ábra az EROS cefeidáinak periódus – luminozitás diagramját mutatja. A Fourier-paraméterek segítségével megkülönböztetett csoport egyértelműen elkülönül, kirajzolva a P–L relációkat. Az ábrán két jellegzetes fénygörbe is látható.

A kétmódusú cefeidák különös jelentőséggel bírnak, mivel a két periódus két paramétert jelent. A Tejútrendszerben mindössze tucatnyi kétmódusú cefeida ismert. Ezek egy kivételével az alaphangban pulzálnak. A *CO Aurigae* esetén volt feltételezhető, hogy az első és második felhang gerjesztett egyidőben.

A két eset a periódusarányok segítségével különböztethető meg – P_2/P_1 nagyobb, mint a P_1/P_0 érték. A MACHO cefeidák között 45 kétmódusút találtak, közülük 15 hasonlóan pulzál mint a *CO Aurigae*. Az egyetlen csillaghoz képest ez minőségi ugrást jelent, s megerősíti a CO Aur-ról alkotott képet is.

Érdekes megnézni, hogy a periódusarányok hogyan változnak galaxisról galaxisra (azaz a különböző kémiai összetételek esetére). A 3.4. ábrán láthatjuk a periódusarányokat a periódus logaritmusának függvényében. Kereszttel, körrel és négyzetekkel jelöltük a Tejútrendszer, az LMC és az SMC cefeidáit. (Az LMC-re vonatkozó adatok a MACHO, az SMC-re vonatkozóak az EROS megfigyeléseiből származnak.) Érdekes, hogy a P_1/P_0 érték szisztematikusan emelkedik, amint a kisebb fémességű galaxisok felé haladunk, míg P_2/P_1 arányokban ugyanaz a tendencia található mind a három esetben. Mindez fontos információt hordoz a pulzáció és a fémesség kapcsolatáról.



3.4. ábra. A periódusarányok a periódus logaritmusának függvényében. A kereszt a Tejútrendszer, a kör az LMC, a négyzet az SMC cefeidáit jelöli

RR Lyrae csillagok

A MACHO program első évében 7900 csillagot klasszifikáltak az LMC-ben *RR Lyrae* típusúnak. Az 500 részletesebben vizsgált fénygörbe között két csillagot találtak, melyek az alapmódusban és az első felhangban pulzálnak egyszerre. A periódusarányaik ($P_1/P_0 = 0.74269$ és 0.74225) kisebbek, mint bármely galaktikus RR_d csillag esetén.

A 7900 csillag periódus-eloszlását vizsgálva két domináns csúcsot találtak, $P = 0.583$ és 0.342 napos értékeknél. Az első a galaktikus RR_{ab} csillagoknak felel meg, amik az alapmódusban rezegnek. A Tejútrendszer esetén az RR_{ab} változók periódusa két érték körül csoportosul, $\langle P_{a,b} \rangle = 0.55$ nap az *I.* és $\langle P_{a,b} \rangle = 0.65$ nap a *II.* *Oosterhoff-csoportba* tartozó RR_{ab} csillagokra. Az LMC érték pont a két galaktikus csoport periódusa között van, ami jelzi, hogy a fémesség is a két csoportra jellemző érték közé esik.

A Tejútrendszer RR_c csillagainak (amelyek az első felhangban oszcillálnak) felel meg a perióduseloszlás 0.342 napos átlagú tartománya. Érdekes módon azonban egy még kisebb periódusú tartományban is megfigyelhető az *RR Lyrae* csillagok sűrűsödése: a 0.275 – 0.283 napos periódustartományban ($\langle P \rangle = 0.281$ nap átlaggal) 110 csillagot találtak. A MACHO csoport csillagászai ezt a harmadik csúcsot azzal magyarázták, hogy ezek a csillagok a második felhangban rezegnek. Ezt a feltételezést azonban nem mindenki fogadja el, az RR_c csoporton belül is találhatók olyan folyamatok, amelyek a kisebb periódusú csillagok megnövekedett számát idézhetik elő.

Egy különös csillag az EROS adatbázisból

Az újonnan felfedezett változócsillagok hatalmas mennyisége lehetőséget adhat arra is, hogy olyan fényességváltozást találjunk, ami egyedi, nem illeszkedik korábban kialakult csoportokba. 10 napnál hosszabb periódusú, szabálytalanul változó csillagokat kerestünk az EROS adatbázisban, amikor egy érdekes csillagot találtunk. A fényességváltozás amplitúdója határozottan változik, amint azt a 3.5. ábránkon is láthatjuk. A fénygörbe Fourier-analízise alapján pedig megtudtuk, hogy két különböző periódusú változás is jelen van. A két rezgés frekvenciái között $3:2$ arányú rezonancia kapcsolat van, ami nem lehet a véletlen műve. Természetesen a két egymáshoz kötött periódus nem lehet felelős a szabálytalan változásért — az csak felváltva kisebb és nagyobb maximumokat, illetve minimumokat produkál.

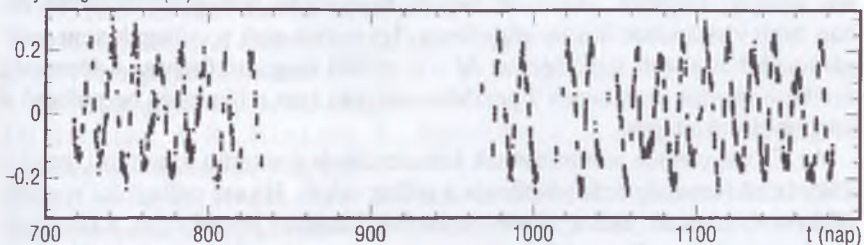
A fénygörbe két periódust — azaz két paramétert biztosít, amivel a csillag

fizikai jellemzői egy kisebb tartományra szűkíthetők. Azonban így is célszerű a megfigyelhető paramétereket (T és L) a lehető legpontosabban megadni. Az EROS B_E és R_E színeiből becsülhető az effektív hőmérséklet és a luminozitás: $T_{\text{eff}} \approx 8000 - 12000$ K, $\log(L/L_{\odot}) = 3.4 - 3.8$. Természetesen ezen értékek bizonytalanok, függenek az interstelláris vörösödés feltételezett mértékétől és a felhasznált csillaglégkör-modellektől.

Amint az érdekesebb EROS objektumokról, erről a csillagról is készült színképfelvétel az *ESO La Silla-i* obszervatóriumában. Ez alapján a csillag színképtípusa késői O és korai B közötti. Jelenleg egy nagyobb felbontású spektrum is készül, amiből remélhetjük a hőmérséklet és luminozitás pontosabb becslését.

A főtti paraméterek alapján egy poszt-AGB, esetleg egy a fősorozati fejlődés előtti csillaggal van dolgunk.

fényességváltozás (m)



3.5. ábra. Egy különleges változócsillag fénygörbéje az EROS adatbázisból

Modellezés

A cefeidák 10 napos periódus körüli viselkedése (a Hertzsprung-progresz-szió) fontos megkötést jelent. A három különböző kémiai összetételű galaxisra a $P_2/P_0 = 0.5$ és $P_0 \approx 10$ nap összefüggéseknek teljesülniük kell. A csillagfejlődés modelljei szerint létezni kell egy tömeg–luminozitás ($M-L$) összefüggésnek, amely az eltérő fémességek esetén is közel hasonló meredekségű, de különböző helyzetű.

Az $M-L$ reláció egy pontját meghatározhatjuk pusztán a 10 napos cefeidák ismeretében. Adott kémiai összetétel esetén a rezonancia-feltétel miatt csak egy független paraméter marad, például a hőmérséklet. A hőmérséklet-tartomány viszont leszűkíthető, mivel a csillagnak az instabilitási sávban kell lennie. Így az instabilitási sávban elfoglalt hely függvényében megadható a tömeg és a luminozitás. Vizsgálataink alapján az $M-L$ reláció így meghatá-

rozott pontja kisebb fémességek esetén kisebb tömegek felé tolódik el, azaz a Tejútrendszer, LMC, SMC sorrendben a tömeg – luminozitás összefüggést magasabbra kell tolnunk. A fejlődési modellek is jóslatot adnak az $M-L$ relációra, aminek egyezőnek kellene lennie a megfigyelésekből és a pulzációelméletből származtatottal. Jelenleg azonban inkább csak ellentmondásokról beszélhetünk. A mikrolencse programok cefeida-megfigyelései tehát egy újabb kérdést tesznek fel az elméleti kutatásoknak.

Az s-cefeidák esetén feltételezett $P_4/P_1 = 1/2$ rezonanciát nem sikerült elméletileg igazolni. A nemlineáris modellek nem reprodukálják a Fourier-paraméterek jellegzetes viselkedését, és a tömeg – luminozitás relációval is továbbbi ellentmondásokba keveredünk a rezonancia esetén.

A kétmódusú (*beat*) cefeidák is két paramétert rögzítenek a lehetséges hármból, azaz elvileg ezek is segíthetnek az $M-L$ kapcsolat feltérképezésében. Azonban ha az alpmódust rögzítjük, s a tömeg függvényében a periódusok arányát vizsgáljuk, akkor azt kapjuk, hogy széles tömegtartományban hibán belül visszaadhatók a megfigyelések. Így sajnos ezek a csillagok nem szolgáltatnak határozott segítséget az $M-L$ reláció megismeréséhez. A fémesség értékére viszont érzékenyek a periódusarányok, azaz a fémség becslhető a megfigyelések alapján.

Az EROS cefeida adatbázisának felhasználásával sikerült kimutatni, hogy a különböző fémség befolyásolhatja a csillag színét. Ha ezt csillagközi vörösdésként értelmezik, akkor ez szisztematikus hibaként jelentkezhet a távolságmeghatározásban. Ezt a hibát figyelembe véve a korábbi alacsony Hubblekonstans (H_0) becslések magasabbra, a magasabbak pedig alacsonyabbra csúsznak, egy $H_0 \approx 70$ km/s/Mpc körüli értékre.

A 14 napos periódusú feltételezett poszt-AGB EROS csillag is érdekes kihívást jelent, vajon a két periódus alapján azonosítható-e a csillag. Adott kémiai összetétel mellett kerestük az összes modellcsillagot, amelynek az alpmódusa, vagy felhangperiódusa 14 napos. Ezen modellek segítségével már megadhatjuk a periódusarányt a hőmérséklet és a luminozitás függvényében. Két csoport található, ahol a rezonanciafeltétel teljesülhet és a pulzáció is lehetséges. A vörösebb modellek a cefeidák közé esnek, ezeket a modelleket kizárja a megfigyelt hőmérséklet. A kékebb csoport már a jó hőmérséklet-tartományba esik, itt azonban nehezebb a rezonancia közelébe tornáznai a periódusokat – inkább csak extrém kémiai összetételek esetén lehetséges. Eddig a pontig lineáris számítások segítségével illesztettük a modelleket. Teljesen csak akkor sikeres az elmélet, ha a nemlineáris modellünk is helyesen visszaadja a fénygörbe amplitúdóját s annak alakját. Itt viszont nagyobb az ellentmondás: az elméletileg jóslott amplitúdó lényegesen kisebb a megfigyeltnél. Egy újabb kérdés, amelyre választ kell keresnünk. Ha elvetjük a pulzáció hipotézisét, akkor nehéz olyan mechanizmust találnunk, amely a periódusok 3:2 arányát képes

létrehozni. Lehet hogy egy tényleg különös csillag különös pulzációjával állunk szemben?

Egyben biztosak lehetünk: a mikrolencse programok változócsillagászati eredményei még hosszú ideig munkát adnak az azokat magyarázó elméleti kutatóknak. Egyben azt is remélhetjük, hogy ezen vizsgálatok alapján jelentős lépéseket tehetünk a csillagok fizikájának pontosabb megismerésében.

Irodalom

- [1] Az EROS csoport megfigyelései:
1995 *Astronomy & Astrophysics* 303, 137;
1997 *Astronomy & Astrophysics* 318, L47;
1997 *Astronomy & Astrophysics* 321, L5.
- [2] A MACHO csoport megfigyelései:
1995 *Astronomical Journal* 109, 1653;
1996 *Astronomical Journal* 111, 1146;
1997 *Astrophysical Journal* 474, 217;
1997 *Astrophysical Journal* 482, 89.
- [3] BUCHLER, J. R., KOLLÁTH, Z., BEAULIEU, J. P., GOUPIL, M. J. 1996
Astrophysical Journal 462, L83.
- [4] KOLLÁTH, Z., BUCHLER, J. R., BEAULIEU, J. P. GOUPIL, M. J. 1997,
az *Astrophysical Fallouts from Microlensing Projects* című kötetben, szerk. R. Ferlet, J. P. Maillard.

Frey Sándor

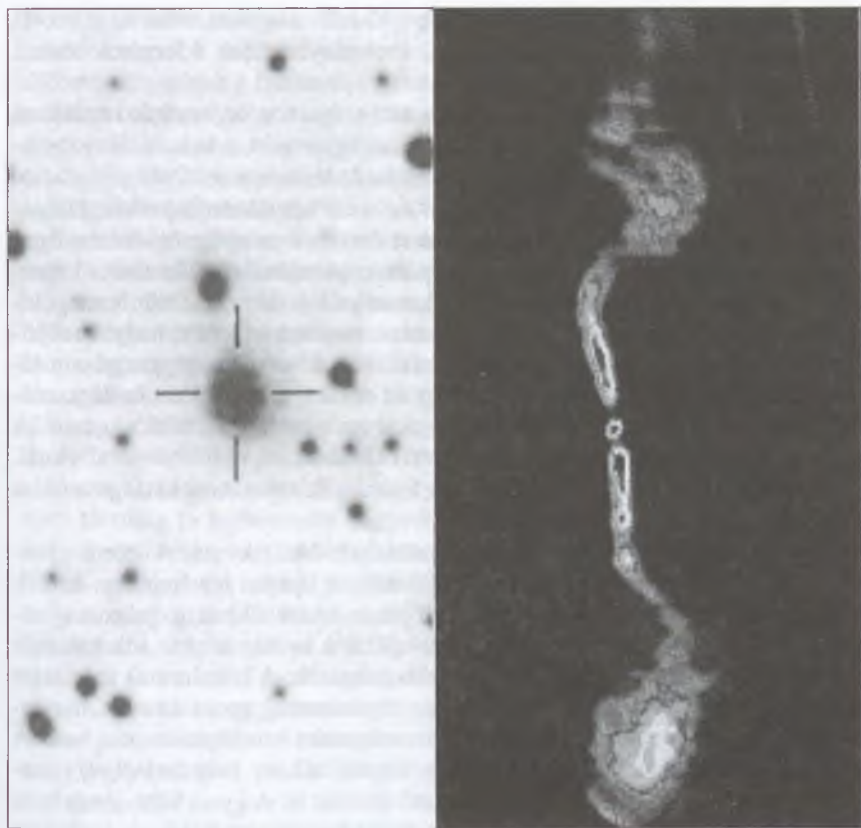
Rádiógalaxisok és kvazárok: égi háromszögelési pontok

Bevezető

Minden galaxis vagy kvazár – valamilyen mértékben – rádiósugárzást bocsát ki. Legtöbbjük meglehetősen halvány az elektromágneses sugárzás e hullámhossz-tartományában. A rádiógalaxisok ill. „rádió-hangos” kvazárok azonban akár 8 nagyságrenddel nagyobb rádió-luminozitással is rendelkezhetnek, mint „csendes” társaik. A nagy energiájú rádiógalaxisok esetén a sugárzás az optikai tartományban látható elliptikus galaxis határain jóval túl, attól gyakran több ezer vagy millió parszek távolságra is észlelhető (4.1. ábra). Ugyanakkor az aktív galaxismagok vagy kvazárok esetén az erős rádiósugárzásért felelős központi energiaforrás mérete mindössze néhány parszek, vagy ennél is kisebb. Az energia vékony nyalábokban, ún. „jetekben” áramlik a külső régiók felé. A jetek végül a galaxisközi anyagba ütközve lelassulnak, s a nagy energiájú részecskék az intergalaktikus gázzal kölcsönhatásba lépve rádiósugárzást kelenek.

A manapság általánosan elfogadott elképzelés szerint az aktív galaxismagok központi energiaforrásai valójában nagy tömegű fekete lyukak. A környezetükben található anyag (csillagok, gáz és por) egy része a fekete lyukba hullik, és ez a spirális pályán behulló anyag forró korongot képez a mag körül. A felszabaduló energia egy része a korong síkjára merőleges nyalábokban szabadul ki. A jetek felől érkező rádiósugárzást az erős mágneses térben relativisztikus sebességgel mozgó elektronok bocsátják ki (szinkrotron-sugárzás). A megfigyelt hatalmas luminozitás oka, hogy a források egy részében (ezeket észleljük különösen fényesnek) a nyalábok közel a látóirányba, felénk mutatnak, s így a sugárzás intenzitása felerősödik.

Az alábbiakban röviden megismerkedünk azzal, hogyan fedezték fel, és napjainkban milyen technikával tanulmányozzák a rádiócsillagászok az aktív galaxismagokat. Kitérünk arra is, hogy milyen módon alkalmazhatók az új adatok a kozmológia egyik nagy kérdésének megválaszolására, az Univerzum „megmérésére”.



4.1. ábra. A 3C 449 jelű rádiógalaxis, ahogy a fotolemezen (bal oldalt) és ahogyan a 27 antennából álló VLA rádióinterferométer mérései alapján látszik

Amit a kvazárokról tudni kell

A rádiócsillagászat igazi kezdetétől, a negyvenes évek végétől az erős rádióforrások optikai azonosítása során sok esetben kiderült, hogy extragalaktikus objektumokról, távoli galaxisokról van szó. Az optikai azonosítás két szempontból is fontos. Egyrészt a különböző hullámhosszakon végzett megfigyelések közelebb visznek a rádióforrások működésének a megértéséhez. Másrészt az objektum távolságát csak a színeképvonalak vöröseltolódása alapján, a Hubble-törvény felhasználásával tudjuk megbecsülni. A távolság ismerete nél-

kül pedig nem tudhatunk meg olyan alapvető információkat, mint az abszolút fényesség vagy a lineáris méret, és nem tanulmányozhatjuk a források térbeli eloszlását.

A rádiótávcsövek gyenge felbontóképessége miatt az azonosítás kezdetben nem ment könnyen. A pontosság javulásával egyre nőtt a látható fény tartományában is azonosított rádiógalaxisok száma. 1961-ben a 3C 48 jelű rádióforrás látható megfelelőjét egy 16 magnitúdós csillaggal azonosították. Hamarosan világossá vált, hogy az akkor ismert források mintegy ötödrésze ilyen csillagszerű objektum. Innen a *kvazár* (*quasar*, *quasi-stellar radio source*) elnevezés. Az így felfedezett „csillagok” spektrumának értelmezése szinte megoldhatatlan feladat elé állította a csillagászokat, mígnem kiderült, hogy a megfigyelt színképvonalak egyszerűen magyarázhatók, ha nagyon nagy vöröseltolódást tételezünk fel. Ma már tudjuk, hogy az optikai távcsövekkel csillagszerűnek látszó extragalaktikus objektumok jó része nem is erős rádiósugárzó. A „rádió-hangos” kvazárok mintegy tízszer ritkábbak a „rádió-csendes”-eknél. A kvazárok mint új típusú objektumok felfedezését azonban kétségtelenül a rádiócsillagászatnak köszönhetjük.

A hozzánk közelebb levő (kisebb vöröseltolódású) kvazárok körül gyakran halvány, galaxiszerű objektumok láthatók az optikai felvételeken. Ennek alapján gondoljuk, hogy a kvazárok valójában óriási elliptikus galaxisok különösen aktív magjai. Optikai hullámhosszakon a kvazárok akár sok százszor fényesebbek lehetnek, mint a legfényesebb galaxisok. A kvazárok és más aktív galaxismagok (különösen a *BL Lacertae* objektumok) gyors és erős fényességváltozásokat mutatnak a teljes elektromágneses színek tartományban. A változások periódusa jellemzően néhány naptól néhány évig terjedhet, ismerünk azonban fél órást(!) időskálán változó kvazárt is. A gyors változások arra utalnak, hogy az aktív galaxismagok rendkívül kis méretűek, hiszen a fényességváltozást előidéző folyamatok nem mehetnek végbe nagyobb térrészben, mint amekkorát a fény ez idő alatt befuthat.

VLBI – harminc sikeres év

A csillagászati észlelési technikák fejlődése mögött lényegében négy mozgó erő fedezhető fel: az elektromágneses színkép minél szélesebb tartományának elérése, az érzékenység növelése (egyre halványabb objektumok észlelése), az egyre finomodó spektrális felbontásra való törekvés és a szögfelbontás növelése. Ez utóbbi téren a rádiócsillagászat – a hosszú hullámhosszakra való tekintettel – hátránnyal indult az optikai csillagászatához képest. A leképező eszközök (távcsövek) felbontóképessége a hullámhosszal egyenesen, az átmé-

rővel fordítottan arányos. A rádióhullámok hullámhossza pedig 4–7 nagyságrenddel nagyobb a látható fényénél. Ez azt jelenti, hogy a világ legnagyobb rádióteleszkópjainak a felbontása mindössze az emberi szemével mérhető össze, s messze elmarad még a legkisebb optikai távcsöveké mögött is. (Nem így az érzékenység: a németországi *Effelsbergben* épült 100 m átmérőjű rádiótávcső, a világ legnagyobb mozgatható antennájának gyűjtőfelülete mellett eltörpül a legnagyobb optikai távcsőé is. . .)

Ezek után meglepően hangozhat az a kijelentés, hogy napjainkban messze a legjobb felbontóképességet (mm-es hullámhosszakon az ívmásodperc néhány százvezred részét) a rádiócsillagászat nyújtja. A titok nyitja az interferometria. Működési elvének, az *apertúra-szintézisnek* a lényege egyszerű: több kisebb antenna egyszerre ugyanazt a rádióforrást észleli, s a rádiótávcsöveket közben elmozdítjuk, hogy minél jobban kitöltsenek egy képzeletbeli nagy antennafelületet. Az adatok kábelen vagy mikrohullámú hálózaton egy központi helyre továbbíthatók és kombinálhatók. Az így előállított „teleszkóp” érzékenységét a résztvevő antennák összfelülete, szögfelbontását a legtávolabbi elemek közötti távolság (a leghosszabb bázisvonal) határozza meg. Valójában az antennák mozgatásával sem kell törődnünk, ezt a forgó Föld elvégzi helyettünk. Innen már csak egy „apró” logikai lépés az interferométer elemeit egymástól még messzebb, akár különböző földrészekre helyezni. Az ún. *nagyon hosszú bázisvonalú interferometria (VLBI)* létrejöttét a rendkívül pontos frekvencia-etalonok (atomórák) és a nagy mennyiségű adat tárolására és feldolgozására alkalmas technika megjelenése tette lehetővé. Így nem szükséges az antennák fizikai összeköttetése. Az interferenciát utólag, az állomásokon felvett adatok visszajátszásával, az ún. *korrelátoroknál* állítják elő. Az első sikeres VLBI kísérletre 1967-ben került sor. Az azóta eltelt 30 év alatt a technika fejlődését újabb és újabb teleszkópok üzembe állítása, új korrelátorok építése, egyre több észlelési frekvencia, növekvő érzékenység és kifinomult adatfeldolgozási módszerek jellemzik. Napjainkban az Egyesült Államokban egy 10 állomásból álló, szinte kizárólag VLBI észleléseket végző hálózat (VLBA) működik. Európában egy „időszakosan” üzemelő hálózat áll a csillagászok rendelkezésére (a 16 rádióteleszkóp között kínai, japán, dél-afrikai antennák is találhatók). Az elérhető legnagyobb bázisvonal hosszának csak a Föld mérete szabott (eddig) határt. Az interkontinentális bázisvonalakon elérhető szögfelbontás a leggyakrabban használt centiméteres hullámhosszakon meghaladja az ívmásodperc ezredrészét is.

A VLBI „harmincadik születésnapját” méltóképpen ünnepelte. 1997. február 12-én, fedélzetén egy 8 m átmérőjű kinyitható antennával, Japánból Föld körüli pályára állították a *VSOP* mesterséges holdat. A VSOP feladata, hogy a földi VLBI antennákkal közös hálózatot alkotva, méréseket végezzen a Föld átmérőjénél akár háromszor hosszabb bázisvonalakon. E cikk megjelenésének

időpontjáig talán már megszületnek az első tudományos eredmények is (lásd a *Japán űr-VLBI holdja* című hírt *A csillagászat legújabb eredményei* részben).

A VLBI asztrofizikai alkalmazásai, a kompakt rádióforrások (aktív galaxis-magok, kvazárok, galaktikus és extragalaktikus mézerek, rádiósugárzó szoros kettőscsillagok) kutatása mellett említést érdemel, hogy a távoli — és így elhanyagolható sajátmozgással rendelkező — kvazárok rendszeres VLBI megfigyeléseivel tartják fenn a legpontosabb égi koordináta-rendszert. A VLBI geodéziai és geodinamikai alkalmazása éppen e pontos külső vonatkoztatási rendszert használja a pólusmozgásnak, a Föld forgási szögsebességének és az állomások koordináta-változásainak precíz meghatározására. A kontinensek egymáshoz képesti elmozdulását, amely mindössze évi néhány centiméter, először a VLBI technikával mutatták ki.

A kvazárok mint méterrudak, avagy hogyan tágul a Világegyetem

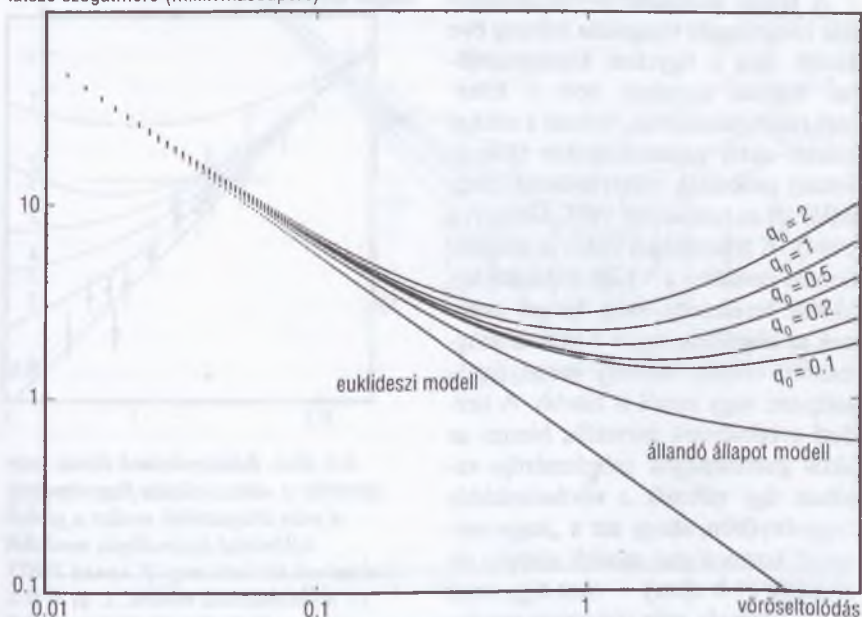
Visszatérve az égi rádióforrásokhoz, tekintsük át a VLBI alkalmazásának egyik ígéretes területét, amelynek fejlődése előtt az utat az évek során felhalmozódott észlelési anyag, a megnövekedett érzékenység és a nagyszámú rádióforrásra kiterjedő VLBI észlelések egyre könnyebb kivitelezhetősége nyitotta meg.

Először HOYLE vetette fel 1958-ban, hogy a rádiógalaxisok alkalmasak lehetnek a Világegyetem geometriájának feltérképezésére, különböző kozmológiai modellek ellenőrzésére (Hoyle 1959). Ha ugyanis rendelkezésünkre állnának olyan objektumok, amelyek lineáris mérete egyforma, akkor különböző távolságokban megfigyelve ezeket, a látszólagos szögméretük változása elárulná, mennyire „görbült” a tér, más szóval mekkora az anyagsűrűség az Univerzumban. Első hallásra furcsának tűnhet az elképzelés számunkra, akik hozzászoktunk, hogy ha egy méterrudat egyre távolabb viszünk, akkor az egyre kisebbnek látszik (a 4.2. ábrán az euklideszi geometriának egy egyenes felel meg).

Hoyle az akkoriban felfedezett óriás rádiógalaxis, a *Cygnus A* példáján mutatta meg, hogy a hagyományos relativisztikus kozmológiák és az ún. állandó állapotú (*steady state*) modell jelentősen eltérő eredményt jósol, ami a vöröseltolódás és a látszó szögátmérő összefüggését illeti (4.2. ábra). Tételezzük fel, hogy ugyanakkora lineáris méretű rádiógalaxisokat tudunk észlelni kisebb és nagyobb vöröseltolódások mellett, vagyis hozzánk közelebb és távolabb is. Az ősrobbanáson alapuló kozmológiai modellek esetén az ilyen „méterrudak” egyre nagyobb távolságból nézve kezdetben látszólag egyre kisebbek lennének.

Azonban a szögátmérő csökkenése egy adott távolságban megállna, sőt az ennél még messzebb levő objektumok esetén lassan növekedni is kezdene. (Az állandó állapotú modellben, bár a csökkenés mértéke egyre kisebb és kisebb volna, a látszó szögátmérő soha nem érne el egy minimális értéket.)

látszó szögátmérő (milliómásodperc)



4.2. ábra. Egy feltételezett 10 parszek hosszú „standard méterrúd” szögmérete a vöröseltolódás függvényében. A görbék az euklideszi geometriának, az állandó állapotú modellnek és különböző lassulási paraméter-értékekkel jellemzett relativisztikus kozmológiai modelleknek a jóslatait mutatják ($\Lambda = 0$).

$H_0 = 80 \text{ km/s/Mpc}$ értékkel számoltunk

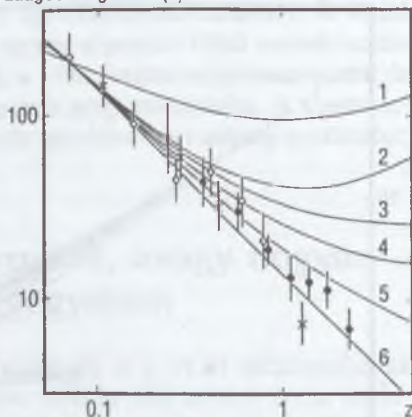
A rádióinterferometria a 70-es évekre érte el azt a szögfelbontást, amellyel meg lehetett kezdeni nagy mennyiségű rádiógalaxis szögátmérő–vöröseltolódás összefüggésének vizsgálatát. Furcsa módon a mért szögátmérők az egyszerű euklideszi modellt látszottak igazolni (4.3. ábra). A $z = 2$ körüli vöröseltolódásnál a rádiógalaxisok szögmérete kb. tizede volt annak, amit a kozmológiai modellek jósltak! Egyetlen ésszerű magyarázat kínálkozott: a különböző távolságban levő rádiógalaxisok nem tekinthetők egyformának, vagyis nem alkalmasak „standard méterrúdnak”. Ennek két oka lehet. Egyrészt a rádiógalaxisok kozmológiai időskálán jelentős fejlődésen mennek át, s

a messzebb levők (vagyis a fiatalabbak) valójában lényegesen kisebbek, mint a hozzánk közelebbiek. Másrészt összefüggés lehet a lineáris méret és a luminozitás között. Távolabbról csak a nagyobb teljesítménnyel sugárzó objektumokat észleljük, s ezek talán kisebbek, mint halványabb, ezért kisebb távolságból is észlelhető társaik.

A látszó szögátmérő–vöröseltolódás összefüggés vizsgálata néhány éve került újra a figyelem középpontjába. Ezúttal azonban nem a kiterjedt rádiógalaxisokat, hanem a sokkal kisebb aktív galaxismagokat (kvazárokat) próbálták méterrúdként használni (KELLERMANN 1993, GURVITS 1994). A lehetőséget ismét a szögfelbontás javulása, a VLBI technika fejlődése teremtette meg, hiszen ezeknek az objektumoknak a tipikus szögmérete csupán néhány ezred ívmásodperc, vagy ennél is kisebb. A kezdeti eredmények biztatók, hiszen az aktív galaxismagok szögátmérője valóban úgy változik a vöröseltolódás függvényében, ahogy azt a „hagyományos” kozmológiai modell alapján elvárnánk (4.4. ábra) – nem úgy, mint eddig bármely más objektum esetén, amelyeket megpróbáltak effajta teszt-re használni.

Úgy tűnik tehát, hogy a kvazárok valóban „standard méterrúdnak” tekinthetők. Ezt persze nem úgy kell érteni, hogy mind teljesen egyformák. Azonban átlagos lineáris méretük kis és nagy vöröseltolódás esetén sem különbözhet jelentősen. Ennek fizikai magyarázata abban keresendő, hogy a kvazárok egyrészt nagyon kis méretűek, ennél fogva kevés befolyással lehet rájuk az intergalaktikus anyag, amelynek sűrűsége az Univerzum fejlődésének korai szakaszában (nagy vöröseltolódásoknál) lényegesen nagyobb lehetett – ez lehet az oka a távolabbi rádiógalaxisok kisebb méretének. Másrészt a rádió-hangos kvazárok igen rövid életű objektumok, éppen hatalmas energiatermelésük miatt. Legfeljebb néhány száz vagy ezer évig figyelhetők meg ilyen formájukban, amely kozmológiai időskálán rendkívül rövid időnek számít, s kevés ahhoz, hogy ezalatt jelentős fejlődésen menjenek át. A kvazárok

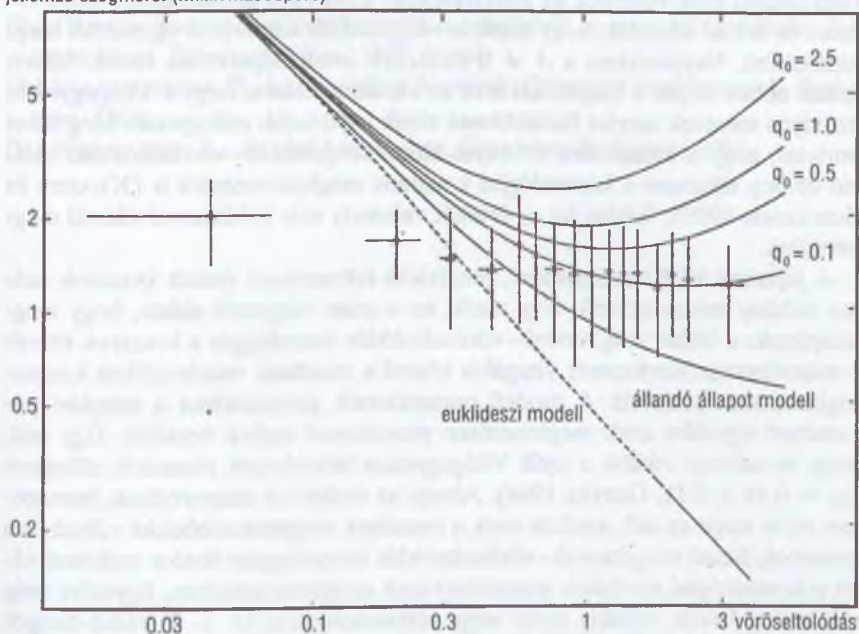
átlagos szög méret (")



4.3. ábra. Rádiógalaxisok látszó szögátmérője a vöröseltolódás függvényében. A mért átlagértékek mellett a görbék különböző kozmológiai modellek jóslatainak felelnek meg (КАРАИ 1987). (1. kronometrikus modell, 2. $q_0 = 0.5$, 3. $q_0 = 0$, 4. állandó állapot modell, 5. „fáradó fény” modell, 6. euklideszi modell.) A rádiógalaxisok egyik modelljét sem követik

nagy előnye, hogy viszonylag kicsi ($z \approx 0.01$) és nagyon nagy vöröseltolódással egyaránt megfigyelhetők. A rádió-hangos kvazárok között jelenleg ismert „távolsági csúcstartó” a $1428+423$ jelű ($z = 4.7$).

jellemző szög méret (milliív másodperc)



4.4. ábra. 337 aktív galaxismag vizsgálatával kapott látszó szögátmérő–vöröseltolódás összefüggés. A kis luminozitású, közeli forrásokat háromszögek szemléltetik.

A nagyobb távolságban levő objektumok átlagos szögmérete egyre lassabban csökken.

A görbék az euklideszi ($1/z$), állandó állapotú (SS) és különböző q_0 értékeknek megfelelő relativisztikus kozmológiai modelleket jelölik (Gurvits 1994)

A megfigyelt összefüggés elvileg felhasználható arra, hogy alapvető kozmológiai modellparaméterek értékét meghatározzuk. A módszer érzékeny a „legnépszerűbb” paraméter, a Hubble-állandó (H_0) értékére, hiszen „méterrúdjaink” valóságos lineáris méretét nem ismerjük, csak azt tudjuk, hogy (többé-kevésbé) egyformák. A görbe menetéből viszont következtetni lehet egy másik fontos adatra, az ún. lassulási paraméter (q_0) értékére (4.2. ábra). A Friedmann-féle ősrobbanás-modellekben q_0 egyszerű kapcsolatban áll Ω_0 -al, amely a Világegyetem anyagsűrűségének a kritikus sűrűséghez viszonyított arányát adja meg: $\Omega_0 = 2q_0$. Ha az Univerzum anyaga elegendően sűrű, vagy-

is sűrűbb a kritikus értéknél ($\Omega_0 > 1$, másképpen $q_0 > 0.5$), akkor a Világegyetem tágulása egyszer megáll, s összehúzódás kezdődik. Ellenkező esetben ($q_0 \leq 0.5$), az ún. nyílt Univerzumban a tágulás örökké folytatódik. Léteznek bonyolultabb modellek is, ahol a kozmológiai konstans (Λ) bevezetésével egyfajta taszító erőt vihetünk az egyenletekbe. EINSTEIN annak idején azért vezette be ezt az állandót, hogy statikus világmodellt kaphasson egyenletei megoldásaként. Napjainkban a $\Lambda \neq 0$ modellek ismét népszerűek lettek, hiszen sokan ebben látják a megoldást arra az ellentmondásra, hogy a Világegyetem bizonyos mérések szerint fiatalabbnak tűnik legidősebb csillagainál. Meg lehet mutatni, hogy a kvazárokra érvényes látszó szögátmérő–vöröseltolódás reláció elvileg alkalmas a kozmológiai konstans meghatározására is (KRAUSS és SCHRAMM 1993), feltéve ha q_0 értékét valamely más módszerrel sikerül megbecsülni.

A jelenleg VLBI technikával, megfelelő felbontással észlelt kvazárok száma néhány százra tehető. Úgy tűnik, ez a szám elegendő ahhoz, hogy megállapítsuk: a látszó szögátmérő–vöröseltolódás összefüggés a kvazárok ezredívmásodperces szerkezetét vizsgálva követi a standard relativisztikus kozmológiai modell jóslatait. A modell paramétereit, pontosabban a lassulási paramétert egyelőre csak meglehetősen pontatlanul tudjuk becsülni. Úgy fest, hogy az adatok inkább a nyílt Világegyetem lehetőségét részesítik előnyben ($q_0 = 0.16 \pm 0.71$, Gurvits 1994). Ahogy az észlelések szaporodnak, hamarosan eljön majd az idő, amikor ezek a becslések megbízhatóbbakká válnak, s a kvazárok látszó szögátmérő–vöröseltolódás összefüggése fontos eszközzé válik a kozmológiai modellek paramétereinek meghatározásában. Egyelőre még viszonylag kevés, néhány tucat nagy vöröseltolódású ($z > 3$) rádió-hangos kvazár ismert. Ezeknek különösen nagy jelentősége lesz a kozmológiai kutatásban, mivel ilyen vöröseltolódások esetén a különböző modellek közötti eltérés már számottevő.

Felhasznált irodalom

- [1.] GURVITS, L. I. (1994), *Astrophysical Journal*, Vol. 425., 442. o.
- [2.] HOYLE, F. (1959): *Proceedings of IAU Symp. 9 and URSI Symp. 1, Paris Symp. on Radio Astronomy* (ed. Bracewell, R. N.), Stanford Univ. Press, 529. o.
- [3.] KAPAHI, V. K. (1987): *Observational Cosmology* (szerk. Hewitt, A., Burbidge, G., Fang, L. Z.), Reidel, Dordrecht, 251. o.
- [4.] KELLERMANN, K. I. (1993), *Nature*, Vol. 361., 134. o.
- [5.] KELLERMANN, K. I., OWEN, F. N. (1988): *Galactic and Extragalactic Radio Astronomy*, 2. kiadás (szerk. Kellermann, K. I., Verschuur, G. L.), Springer, Berlin, 563. o.

- [6.] KRAUSS, L. M., SCHRAMM, D. N. (1993), *Astrophysical Journal*, Vol. 405., L43. o.

Magyar nyelvű ajánlott irodalom

- [7.] PARAGI ZSOLT: Rádiócsillagászat a világúrból – magyar részvétel a kutatásokban, *Természet Világa*, 1997. január
- [8.] VILKOVISZKI, E. J.: *A rejtélyes kvazárok*, Gondolat Zsebkönyvek, Budapest, 1988.
- [9.] WEINBERG, S.: *Az első három perc*, Gondolat, Budapest, 1982.

Érdi Bálint

Új eredmények a Naprendszer égi mechanikájában

Előzmények

Az égi mechanika egyik igen nehéz problémája, hogy miként alakulnak a bolygópályák hosszú időtartamok, millió és százmillió évek alatt. Ez a kérdés szorosan kapcsolódik a *Naprendszer stabilitásának* máig megoldatlan problémájához.

A bolygók mozgása azóta érdekli az embereket, amióta először észrevették, hogy az „állócsillagok” között vannak helyüket változtató „csillagvándorok” is. Az eget figyelő elődeink szabályszerűségeket kerestek ezek mozgásában, hogy előre jelezhessék égi útjukat. HIPPARKHOSZ és PTOLEMAIOSZ az egyenletes körmozgásban vélték megtalálni a mozgások pontos leírását. Egymáson gördülő körök, az ep ciklusok segítségével előre ki tudták számítani a bolygók égi pozícióit. Az évszázadok során azonban a Föld középpontú modell egyre bonyolultabbá vált, újabb és újabb köröket kellett bevonni, hogy a megfigyelésekkel egyező eredményeket kapjanak. KOPERNIKUSZ ismerte fel, hogy a mozgások leírása lényegesen egyszerűbbé válik, ha a Föld helyett a Napot tekintjük a középpontnak, minden bolygó, köztük a Föld is a Nap körül kering körpályán. TYCHO BRAHE megfigyeléseit elemezve KEPLER rájött, hogy a bolygópályák ellipszisekkel jobban közelíthetők. A Kepler-törvények alapján a bolygók mozgását a Nap körül jól le lehetett írni. Kepler megoldásában a bolygórendszer tökéletesen stabil: a bolygók a Nap körül rögzített helyzetű ellipszis-pályákon keringenek.

Hamarosan azonban NEWTON felfedezte az általános tömegvonzás törvényét, amely pontosítja a Kepler-féle leírást. A bolygók pályája csak akkor lenne pontos ellipszis, ha minden bolygóra egyedül a Nap gravitációs ereje hatna. Nincs ok azonban azt feltételezni, hogy a bolygók között nincs gravitációs kölcsönhatás. Newton szerint a bolygók közti gravitációs perturbációk elég erősek ahhoz, hogy megtörjék a Naprendszer stabilitását, és időről időre valamiféle „isten beavatkozására” van szükség, amely visszateszi a bolygókat a helyükre. Ki lehet-e számítani a Newton-féle gravitációs törvény alapján a

bolygók mozgásának a Kepler-pályáktól való megfigyelt eltéréseit? Ez igen fontos, tisztázásra váró kérdés volt, hiszen a gravitációs törvény érvényessége még korántsem volt általánosan elfogadott, HALLEY számításai szerint pedig a Naprendszer instabilnak mutatkozott: az ókorból Ptolemaiosz közvetítésével fennmaradt megfigyelések felhasználásával Halley a Kepler-törvények alapján kiszámította, hogy a Jupiter közeledik a Naphoz, a Szaturnusz pedig távolodik!

LAPLACE vállalkozott a nehéz feladatra. Kiválasztva a Szaturnusz egy Kr.e. 228-ból származó megfigyelését, a Newton-törvények alapján megpróbálta visszaszámítani a Szaturnusz mozgását e kétezer évvel korábbi időpontig. Ehhez azonban először ki kellett dolgozni az égi mechanikai perturbációs számítás módszereit. Feltéve, hogy a perturbációk kicsik, a bolygók pályái lassan változó ellipsziseknek tekinthetők. A pályák méretét, alakját, térbeli helyzetét jellemző adatok, a *pályaelemek* időbeli változásainak meghatározására LAGRANGE felállított egy differenciálegyenlet-rendszert. Ezeknek az egyenleteknek, a bolygómozgások Lagrange-egyenleteinek a megoldását vizsgálva Laplace (1772) és Lagrange (1776) levezette a nevezetes *Laplace–Lagrange-tételt*: a bolygópályák fél nagytengelyében a perturbáló bolygótömegekre nézve első rendben nincsenek az idővel egyenesen arányos szekuláris perturbációk. Ez az eredmény látszólag ellentmondott a Ptolemaiosz-féle ókori észleléseknek. A perturbációk további vizsgálatakor azonban Laplace felfedezte, hogy a Jupiter és a Szaturnusz között működik egy közel 900 éves periódusú, nagy amplitúdójú periodikus perturbáció, mely a két bolygó keringése közti közelítőleg $5/2$ arányú rezonancia következménye (amíg a Jupiter öt keringést végez, azalatt a Szaturnusz közelítőleg kettőt). E változás amplitúdója a Szaturnusz illetve a Jupiter pályamenti helyzetében 47 illetve 20 ívperc. Ez a perturbáció okozza azt a látszólagos szekuláris változást, melyre az ókori észlelések utalnak. További periodikus perturbációk kiszámításával Laplace olyan pontos mozgáselméletet dolgozott ki a Jupiterre és a Szaturnuszra, mely teljes egyezésben volt a korabeli megfigyelésekkel, és 1 ívperces pontossággal egyezett a Ptolemaiosz-féle észlelésekkel. Az elmélet sikere egyrészt megerősítette a Newton-féle gravitációs törvény helyességét, másrészt hozzájárult a Laplace-féle determinizmus kialakulásához.

Az, hogy a fél nagytengelyekben első rendben nincsenek szekuláris perturbációk, csak kis amplitúdójú periodikus változások, kedvező a stabilitás szempontjából. Fontos azonban ismerni a többi pályaelem viselkedését is. Ha például valamelyik bolygó pályájának excentricitása (lapultsága) jelentősen megnövekedne, az elnyúltabbá váló pálya megközelítené vagy metszené egy szomszédos bolygó pályáját, ami növelné a bolygók szoros megközelítésének és így a nagy perturbációk fellépésének az esélyét. A fél nagytengelyeket állandónak feltételezve, továbbá a perturbációs függvény sorfejtésében az

excentricitásokra és pályahajlásokra nézve első- és másodrendű tagokra szorítkozva, az excentricitás (e), a pályahajlás (i), a perihéliumhosszúság (ϖ) és a felszálló csomóhossz (Ω) hosszú időskálájú változásainak meghatározására a Lagrange-egyenletekből levezethető egy állandó együtthatós, lineáris differenciálegyenlet-rendszer. Ennek megoldásán alapul a szekuláris perturbációk Laplace–Lagrange-féle trigonometrikus elmélete, mely a bolygópályák hosszú időtartamú változásait a következő alakban adja meg:

$$e_k \cos \varpi_k = \sum_{j=1}^8 E_{kj} \cos(g_j t + \beta_j),$$

$$e_k \sin \varpi_k = \sum_{j=1}^8 E_{kj} \sin(g_j t + \beta_j),$$

$$\sin \frac{i_k}{2} \cos \Omega_k = \sum_{j=1}^8 I_{kj} \cos(s_j t + \gamma_j),$$

$$\sin \frac{i_k}{2} \sin \Omega_k = \sum_{j=1}^8 I_{kj} \sin(s_j t + \gamma_j).$$

Az összefüggésekben $k = 1, 2, \dots, 8$ (a Plútót ezekből a számításokból ki kell hagyni), E_{kj} , I_{kj} , g_j , s_j , β_j , γ_j állandók, g_j , s_j , a bolygórendszer szekuláris sajátfrekvenciái. A szekuláris sajátfrekvenciák 20 millió évre átlagolt értékei J. LASKAR modern megoldása (1990) alapján az 5.1. táblázatban láthatók, a megfelelő periódusok feltüntetésével. A fenti megoldás szerint a bolygópályák excentricitása és pályahajlása igen hosszú periódusú periodikus tagokból összeálló, kis amplitúdójú oszcillációt végez, miközben a pályaellipszisek a bolygók keringésével megegyező, a pályasíkok pedig azzal ellentétes irányban lassan forognak. Laplace megoldásában tehát a bolygórendszer szekulárisan változó és forgó ellipszispályákból állt.

Az iménti megoldás azonban a perturbációs függvény sorfejtésében a másodrendűnél kisebb tagok elhanyagolásával adódik. Mi történik, ha a magasabb rendű tagokat is figyelembe vesszük? LEVERRIER mutatott rá, hogy a magasabb rendű tagok jelentősen módosítják Laplace és Lagrange számításainak eredményét, így ez a megoldás nem lehet érvényes tetszőlegesen hosszú ideig. A kérdés ekkor az, lehet-e a bolygómozgások Lagrange-egyenleteire közelítések nélküli, akármilyen hosszú időre érvényes megoldást találni?

5.1. táblázat. Szekuláris sajátfrekvenciák

Jelölés	Frekvencia "/év	Periódus év
g_1	5.596	231 000
g_2	7.456	174 000
g_3	17.365	74 600
g_4	17.916	72 300
g_5	4.249	305 000
g_6	28.221	45 900
g_7	3.089	419 000
g_8	0.667	1 940 000
s_1	-5.618	230 000
s_2	-7.080	183 000
s_3	-18.851	68 700
s_4	-17.748	73 000
s_5	0.000	
s_6	-26.330	49 200
s_7	-3.005	431 000
s_8	-0.692	1 870 000

A válasz sajnos negatív, ilyen megoldás nem vezethető le. POINCARÉ bizonyította be, hogy a bolygók perturbációit megadó végtelen sorok nem mindig konvergensek, így ezek alapján a távoli jövőre nézve előrejelzést adni nem lehet. A bolygórendszer stabilitásának problémája analitikus perturbációelméleti módszerekkel megoldhatatlannak bizonyult. A probléma gyökere az, hogy a perturbációs sorokban az együttthatók olyan törtkifejezések, melyek nevezői a keringési frekvenciák (átlagos pályamenti szögsebességek) lineáris kombinációit tartalmazzák. Rezonáns frekvenciaarányok közelében ezek a lineáris kombinációk tetszőlegesen kicsik lehetnek (ezek az ún. *kis nevezők*) és végső soron, matematikai szempontból ezek a kis nevezők okozzák a sorfejtések divergenciáját. A sorfejtések divergenciája fizikai oldalról annak a megnyilvánulása, hogy rezonanciák közelében a fázistér szerkezete hihetetlenül bonyolult lehet. Hogy milyen egy perturbált rendszer fázistere, arra a *KAM-elmélet* ad magyarázatot.

A KOLMOGOROV, ARNOLD és MOSER munkái alapján e század 50-es, 60-as éveiben kialakult KAM-elmélet a dinamika alapproblémájára ad választ. A dinamika alapproblémája, Poincaré megfogalmazásában: mi történik egy integrálható rendszer feltételeesen periodikus megoldásaival, ha ezeket kis perturbáció éri? Egy n szabadsági fokú integrálható rendszer hatás- és szögváltozókkal meghatározott $2n$ dimenziós fázisterében a rendszer pillanatnyi álla-

potát jellemző fázispont n dimenziós tóruszfelületeken mozog. Ha a mozgást jellemző frekvenciák lineárisan függetlenek, a mozgás feltételeesen periodikus, a fázispont a kezdőfeltételek által meghatározott tóruszt mindenütt sűrűn bejárja, a kiinduló helyzetbe azonban sosem jut vissza. Ha két vagy több szabadsági fok közt rezonancia lép fel, vagyis a frekvenciák aránya racionális lesz, a fázispont az ún. rezonáns invariáns tóruszokon mozog, n -nél a rezonanciák számával kevesebb független frekvenciával. Ha csak egy független frekvencia van, a rendszer mozgása periodikus, a tóruszfelületen a fázisrajtória önmagában záródik. Egy integrálható rendszer fázisterét a rezonáns és nem rezonáns invariáns tóruszok sűrűn kitöltik. Az integrálható rendszer viselkedése konvergens sorokkal analitikusan jól leírható, a mozgást tetszőleges időpontra pontosan ki lehet számítani.

Ha az integrálható rendszert kis perturbáció éri, a *KAM-tétel* szerint a rezonanciáktól távoli tóruszok nem szűnnek meg, a perturbáció mértékétől függően csak kissé deformálódnak, ezeken a mozgás továbbra is feltételeesen periodikus, a korábbiakkal egyező frekvenciákkal. Perturbált rendszerben is léteznek tehát feltételeesen periodikus (speciális esetként periodikus) megoldások. Az integrálható rendszer rezonáns tóruszai azonban a perturbációt „nem élik túl”, a perturbáció hatására ezek széttöredeznek, helyükön a mozgás *kaotikus* lehet. A kaotikus viselkedést az jellemzi, hogy igen érzékeny a kezdőfeltételekre. Egy kaotikus tartományban két igen közeli kezdőpontból kiinduló fázisrajtória exponenciálisan távolodik egymástól. A kaotikus mozgást pontosan kiszámítani sem analitikusan, sem numerikusan nem lehet. A perturbációs sorok rezonanciák közelében a fázistér szerkezetének megváltozása miatt divergensek lesznek. A mozgás pontos nyomon követése numerikus integrálással sem lehetséges, az integrálás eredendő hibája (kerekítési és képlethibák) miatt. Egy perturbált rendszer fázistere rendkívül bonyolult szerkezetű, a reguláris és kaotikus tartományok igen szövevényesen fonódnak egybe. Ez a kép jellemző minden legalább 2 szabadsági fokú, nem-lineáris rendszerre. Fontos különbség van azonban a 2 szabadsági fokú és a 3 vagy annál több szabadsági fokú rendszerek között. Egy 2 szabadsági fokú rendszer fázistere 4 dimenziós, az energiaintegrál ebben a mozgást egy 3 dimenziós altérre korlátozza. A reguláris, feltételeesen periodikus mozgásoknak megfelelő tóruszok 2 dimenziósak, ezek a 3 dimenziós teret független tartományokra bontják. 2 szabadsági fokú rendszerben a kaotikus tartományokat invariáns tóruszok határolják, a kaotikus tartományok egymástól függetlenek, egyik kaotikus tartományból a másikba a fázispont nem juthat át, a hatásváltozók csak korlátozott mértékben módosulhatnak. Egy 3 szabadsági fokú rendszer fázistere 6 dimenziós, az energiaintegrál miatt ebben a mozgás egy 5 dimenziós altérre korlátozódik. Ezt az 5 dimenziós alteret a 3 dimenziós tóruszok már nem osztják független tartományokra, (mint ahogy a 3 dimenziós teret egyenesekkel nem lehet

független részekre bontani), így a kaotikus tartományok összefüggő szerkezetet alkotnak. A fázispont a kaotikus tartományban bolyongva a fázistér egyik részéből a másikba akadálytalanul eljuthat, még akkor is, ha ez a vándorlás a szövevényes szerkezet miatt igen lassú. Ez a jelenség az *Arnold-diffúzió*. A diffúziós sebesség igen kicsi, N. N. NYEHAROSEV becslése szerint $\approx e^{-1/\sqrt{\epsilon}}$, ahol e a természetes logaritmus alapszáma, ϵ a perturbáció erősségére jellemző paraméter. A perturbáció csökkenésével, $\epsilon \rightarrow 0$ esetén a diffúzió sebessége minden hatványnál gyorsabban tart 0-hoz.

A KAM-elmélet alapvető jelentőségű a nem-lineáris dinamikai rendszerek viselkedésének megértése szempontjából, és kiemelkedő fontosságú az égi mechanikában is. A Naprendszer egy sok szabadsági fokú nem-lineáris dinamikai rendszer, amelyben számos rezonancia fordul elő. Ezek közelében a KAM-elméletnek megfelelően kaotikus viselkedés várható. A háromtest-probléma egyes megoldásainak „vad” viselkedése már Poincaré számára ismert volt a századfordulón. Az égi mechanikai rendszerek kaotikus viselkedésének rendszeres tanulmányozása azonban csak mintegy két évtizede kezdődött el, összhangban a számítógépek megjelenésével és fejlődésével. Mára ez a terület az egyik fő kutatási iránnyá vált, és a közelmúltban elért eredmények alapvetően megváltoztatták az égi mechanikáról alkotott korábbi képet. Régebben szinte közhely volt a bolygók mozgását a szabályosság megtestesítőjeként emlegetni. A bolygórendszer, mint egy nagy óramű, precízen végzi mozgását, és az égi mechanikusok feladata „mindössze” az, hogy jól ismert égitestek szabályos mozgását egyre pontosabban és pontosabban kiszámítsák. Nos, ezt a még Laplace által megfogalmazott programot fel kellett adni. A közelmúlt eredményei rávilágítottak arra, hogy a Naprendszerben számos helyen és formában nagyléptékű káosz van jelen, amely szinte minden típusú égitestet érint. Kaotikus viselkedést találtak a kis égitesteknél (kisbolygók és üstökösök mozgásában, holdak tengelyforgásában), a bolygók egyenlítőjének és pályasíkjának dőlésszögében, és maguknak a nagybolygóknak a mozgásában. A következőkben ezekről az eredményekről adunk áttekintést.

Kis égitestek kaotikus viselkedése

Szabálytalan alakú holdak kaotikus rotációja

A *Hyperion* tengelyforgása volt az első példa, amit a kaotikus viselkedésre a Naprendszerben megismertek. A jelenséget a Voyager–1 űrszonda fedezte fel, amikor áthaladt a Szaturnusz holdrendszerén. Kiderült, hogy a Hyperion fénygörbéjére nem lehet semmilyen periodikus vagy kváziperiodikus görbét

illeszteni. Ennek oka az, hogy a Hyperion forgásának szögsebessége és forgástengelyének iránya rendszertelenül változik, ezek értékét már rövid időre, a hold néhány keringésére sem lehet előre jelezni (a Hyperion keringési ideje 21 nap).

A Hyperion erősen szabálytalan alakú hold, fő méretei: $190 \times 145 \times 114$ km. A dagálysúrlódás a tengelyforgás és a keringés szinkronizációjára törekszik. Szabálytalan alakú holdaknál a tengelyforgás–keringés rezonanciát a fázistérben kiterjedt kaotikus zóna veszi körül. A szinkronizáció előtt a holdnak át kell haladnia ezen a tartományon. Hogy itt meddig tartózkodik, azt nem lehet tudni, feltehetően annyi ideig, amíg a tengelyforgás a közel szinkron értékre lassul. Minden szabálytalan alakú holdnak át kellett esnie ezen a folyamaton. Mára azonban már csak a Hyperion van ebben az állapotban, mert ennél a legvontatottabb a lassulás ideje, valószínűleg néhány milliárd év.

Rezonáns kisbolygók dinamikája

A kisbolygók körében régóta ismert a rezonancia ellentmondásos megnyilvánulása. Bizonyos rezonanciáknál, ahol a kisbolygók és a Jupiter átlagos pályamenti szögsebességének (a középmozgásnak) az aránya $3/1$, $5/2$, $7/3$, $2/1$, a kisbolygóeloszlásban üres tartományok, a *Kirkwood-zónák* figyelhetők meg. Más rezonanciáknál viszont a kisbolygók csoportokba tömörülnek. $3/2$ -nél van a *Hilda-csoport*, több mint 60 ismert taggal, $1/1$ -nél az L_4 , L_5 Lagrange-pontok körül a *Trójai kisbolygók* két csoportja, közel 200 ismert taggal. Az égi mechanika egyik igen nehéz problémája ennek az ellentmondásos viselkedésnek a megmagyarázása.

A Kirkwood-zónák keletkezésére sok elmélet született, a valódi megoldáshoz azonban, úgy tetszik, csak az utóbbi években jutottunk közelebb. A 80-as évek elején elsőként J. WISDOM mutatta ki a $3/1$ -es rezonanciával kapcsolatban, hogy ezt a fázistérben kiterjedt kaotikus zóna övezi. Ha egy kisbolygó ebbe a tartományba kerül, pályája, még ha kezdetben közel kör alakú volt is, kaotikus diffúzió révén néhány százezer év alatt annyira ellaposodik (excentricitása 0.35 fölé nő), hogy metszheti a Mars pályáját. Ekkor a kisbolygó közel kerülhet a Marshoz, és erős perturbációkat szenvedhet. A kisbolygó pályája igen érdekesen viselkedik. A lapos pálya visszafejlődhet közel kör alakúvá, majd ismét ellaposodik, és ez a folyamat rendszertelen időközönként ismétlődik. Évmilliók alatt így módon a kisbolygó sokszor közel kerülhet a Marshoz, melynek perturbáló hatása a kisbolygót a $3/1$ rezonancia elhagyására készteti. A $3/1$ rezonanciánál megfigyelt Kirkwood-zóna mérete és elhelyezkedése jól megegyezik a Wisdom által számított kaotikus tartományéval. A vizsgálatok szerint az $5/2$ és $7/3$ rezonancia esetében is hasonló mechanizmus működhet.

A 2/1-es Kirkwood-zóna eredete azonban továbbra is probléma. Ennél a rezonanciánál is található kisebb méretű kaotikus tartomány, ebben azonban egy kisbolygó pályájának excentricitása nem tud olyan nagyra nőni, hogy a kisbolygó a Mars közelébe jusson.

Az eddig említett eredmények arra az esetre vonatkoznak, ha csak a Jupiter perturbáló hatását veszik figyelembe. Változik a kép, ha a többi nagybolygó hatásával is számolnak. Ekkor szekuláris rezonanciák lehetségesek a kisbolygók és valamely nagybolygó pályaellipszisének vagy pályasíkjának szekuláris forgása között. A két legfontosabb eset az, amikor egy kisbolygó és a Jupiter pályája, illetve egy kisbolygó és a Szaturnusz pályája közel azonos szögsebességgel forog (ez a ν_5 illetve ν_6 rezonancia). A. MORBIDELLI és M. MOONS vizsgálatai szerint a ν_5 , ν_6 rezonanciák jelentősen befolyásolják a Kirkwood-zónák fázisterét, ezen rezonanciák átfedése a fázis térben kiterjedt kaotikus tartományokat hoz létre, ahol a kisbolygók pályáinak kaotikus fejlődése gyorsabb, mintha egyedül csak a Jupiter zavarná a kisbolygók mozgását. Érdekes módon azonban a szekuláris rezonanciák figyelembevételével is a 2/1 rezonancia fázis tére kevésbé kaotikus, mint a 3/2 rezonanciáé, és mégis, ez utóbbinál tömörülnek a kisbolygók, előbbinél viszont megritkulnak. Ennek a jelenségnek a tisztázása további kutatásokat igényel.

Az 1/1 rezonanciánál a Trójai kisbolygók létezését elsősorban az L_4 , L_5 Lagrange-pontok stabilitása teszi lehetővé (a Jupiter és a Nap tömegének aránya ≈ 0.001 , lényegesen kisebb a stabilitás határát jelentő 0.038 értéknél). Nem ismeretes azonban, milyen méretű az tartomány, amelyben a Lagrange-pontok körül kisbolygók stabilan létezhetnek. A. MILANI vizsgálatai szerint ezt a stabilitási tartományt szekuláris rezonanciák határolják.

A kisbolygók pályáinak hosszú távú fejlődését az ún. *saját-pályaelemekkel* lehet jellemezni. Ezek közelítő mozgásállandók, melyek a kisbolygók nagy részénél több millió év alatt is csak igen keveset változnak. A saját-pályaelemek a nagybolygók közvetlen perturbáló hatására a kisbolygópályák excentricitásában és pályahajlásában létrejövő szabad rezgések amplitúdói és frekvenciái. A nagybolygók egymás közötti szekuláris perturbációi a kisbolygók mozgásában közvetetten kényszerrezgéseket okoznak. Szekuláris rezonancia lép fel, ha egy kisbolygó egyik sajátfrekvenciája közelítőleg megegyezik a bolygórendszer valamely szekuláris sajátfrekvenciájával, ilyenkor a kényszerrezgések amplitúdója erősen megnő. A saját-pályaelemek teszik lehetővé, hogy a kisbolygók között dinamikailag egybetartozó csoportok, *kisbolygócsaládok* után kutassanak. A kisbolygócsaládok tagjai egy közös „őstől” származnak, mely a múltban egy katasztrofális ütközés hatására szétesett. Az ütközés során keletkező kisbolygódarabok kis változással megőrzik az eredeti saját-pályaelemeket.

A saját-pályaelemek számítására szolgáló modern elméletek (MILANI és KNEŽEVIĆ, 1994; LEMAÎTRE és MORBIDELLI 1994) szerint a kisbolygók túl-

nyomó részénél a saját pályaelemek változása több millió év alatt igen csekély (5 millió év alatt a változás e_p -ben és i_p -ben kisebb 0.0015-nél, e_p , i_p a saját excentricitás, illetve a pályahajlás). 12 500 megvizsgált kisbolygó közül kb. 1000-et találtak, melyeknél a változások ennél nagyobbak. Ezekben az esetekben a saját-pályaelemek instabilitását nemlineáris szekuláris rezonanciák okozzák. Ezek a rezonanciák kaotikus viselkedést is létrehozhatnak. Például a $g - 2g_6 + g_5$ és $s - s_6 - g_5 + g_6$ rezonanciák átfedése (g , s a kisbolygó perihélium-hosszúságának, illetve felszálló csomóhosszának szekuláris saját-frekvenciája) az *Aschera* kisbolygó pályájának különös viselkedését eredményezi: az excentricitás egy ideig nagy amplitúdóval oszcillál, majd irreguláris ugrásokat szenved, és ez a két jelenség rendszertelenül ismétlődik, miközben a pályahajlás is előre nem látható módon változik.

Találtak néhány tucat (≈ 60) kisbolygót, melyeknél a kaotikus viselkedés nem jár együtt a saját-pályaelemek jelentősebb megváltozásával. Ezek a kisbolygók a *stabil káosz* érdekes jelenségét szolgáltatják. A pályák kaotikusak abban az értelemben, hogy a legnagyobb *Ljapunov-exponensük* pozitív. Egy pálya kaotikussága kvantitatíve a Ljapunov-féle karakterisztikus exponensekkel (jelölésük LCE) jellemezhető. Ezek azt a tapasztalatot fejezik ki szabatos formában, hogy a fázistér kaotikus tartományaiban a közeli pontokból kiinduló trajektóriák exponenciálisan távolodnak egymástól, míg a reguláris tartományokban a közeli trajektóriák eltérése lineárisan nő. Egy n szabadsági fokú rendszerben egy trajektóriának legfeljebb n Ljapunov-exponense van. Definíció szerint egy pálya akkor kaotikus, ha legalább az egyik LCE pozitív. (Egy feltételeesen periodikus, reguláris pályánál az összes LCE nulla.) Az LCE-k kiszámítására jól kidolgozott módszerek vannak. Igen gyakran elegendő a legnagyobb Ljapunov-exponens (α) kiszámítása:

$$\alpha = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{\gamma(t)}{t},$$

ahol

$$\gamma(t) = \ln \frac{|v(t)|}{|v(0)|}.$$

Itt $v(0)$ a vizsgált pálya és egy hozzá közeli pálya kezdeti eltérése, $v(t)$ a két pálya eltérése t idő múlva; $v(t)$ a vizsgált pálya körül linearizált mozgásegyenletek integrálásával határozható meg. Mivel végtelen ideig nem lehet integrálni, α -t általában valamely véges időtartamra számított $\gamma(t)$ függvényből lineáris illesztéssel határozzák meg. A legnagyobb Ljapunov-exponens reciproka az ún. *Ljapunov-idő*:

$$T_L = \frac{1}{\alpha}.$$

Közelítőleg (elegendően nagy t -re)

$$|v(t)| = |v(0)| \exp\left(\frac{t}{T_L}\right).$$

T_L az az időtartam, amely alatt két pálya kezdeti $v(0)$ eltérése az e -szeresére növekszik (e a természetes logaritmus alapszáma).

A stabil káosznak nevezett jelenség esetén a kisbolygók saját-pályaelemei nem változnak lényegesen, ugyanakkor a Ljapunov-idő igen rövid (α igen nagy). Például az egyik legnagyobb méretű kisbolygó, a több mint 400 km átmérőjű *Hygiea* esetében T_L mindössze 16 000 év! A *Hygiea* mozgását pontosan előre jelezni nem lehet $\approx 20T_L$ -nél hosszabb ideig, mivel tetszőleges kis hiba a kezdőadatokban e^{20} -szorosára növekszik ennyi idő alatt. A stabil káosz oka egyelőre ismeretlen. A talált esetekben nincsenek a közelben olyan alacsony rendű rezonanciák, amelyek ezt a viselkedést okozhatnák. A stabil káosz esetén tehát a kisbolygók mozgása csak rövid időre jelezhető pontosan előre, ugyanakkor a saját-pályaelemek stabilitása miatt a pálya nem változik jelentősen.

Az üstökösök kaotikus mozgása

1985-ben a Halley-üstökös visszatérésekor többen megpróbálták ennek mozgását numerikus integrálással az időben visszafelé követni, a rendelkezésre álló összes megfigyelés figyelembevételével, egészen a Kr. e. 163-ból származó legrégibb észlelésig. Ilyen hosszú időtartamra vonatkozóan azonban valamennyi integrálás különböző viselkedést mutatott, és sokan kétségbe vonták ezek pontosságát. CSIRIKOV és VECSESZLAVOV mutatták ki 1989-ben, hogy a Halley-üstökös mozgása kaotikus lehet, és pályáját 20 keringésnél hosszabb időre gyakorlatilag nem lehet pontosan előre jelezni.

Számos más üstökös pályája is kaotikus. Kimutatható, hogy a közel parabola pályán mozgó üstökösöknél a Jupiter perturbációi miatt nagy kaotikus zóna található, mely egészen az Oort-felhőig terjed. A legtöbb hosszú periódusú üstökös pályája igen érzékeny a kezdőfeltételekre, mozgásukat néhány ezer évnél hosszabb időre nem lehet előre jelezni. Az üstököspályák kaotikus viselkedését a nagybolygókkal való ismételt találkozások okozzák.

A bolygók kaotikus mozgása

Kaotikus viselkedés a nagybolygóknál is található. Ennek kimutatásához igen hosszú idejű numerikus integrálásra van szükség. Az első hosszú időtartamú integrálások a külső nagybolygókra vonatkoztak. Elsősorban a Plútó mozgásának vizsgálatára a Nap–Jupiter–Szaturnusz–Uránusz–Neptunusz–Plútó rendszer mozgásegyenleteit COHEN és munkatársai 1973-ban 1 millió évre, tíz évvel később KINOSHITA és NAKAI 5 millió évre integrálták. A 80-as évek derekán a külső Naprendszer hosszú idejű integrálására a Massachusetts Institute of Technology-ben egy külön parallel számítógépet építettek, ez volt a *Digital Orrery*. Ezzel APPELEGATE és munkatársai 1986-ban 210 millió évre, SÜSSMAN és Wisdom 1988-ban 875 millió évre integrálták a külső bolygók mozgásegyenleteit. Kiderült, hogy a Plútó mozgása kaotikus, Ljapunov-ideje mindössze 20 millió év. Ez nem volt teljesen váratlan, mert már a korábbi vizsgálatok is jelezték, hogy a Plútó mozgásában több rezonancia található. Legismertebb a Neptunusszal való $3/2$ -es középmozgás-rezonancia, aminek a következménye, hogy a Plútó nem kerülhet együttállásba a Neptunusszal a Plútó-pálya perihéliumának környékén (ez az ekliptika síkjára való vetületben a Neptunusz pályáján belülre esik). A többi nagybolygóval ellentétben a Plútó pályája nem forog körbe, hanem a felszálló csomótól 90° -ra eső irány körül billeg 14° -os amplitúdóval, kb. 4 millió éves periódussal. A Plútó pályasíkjának forgása szekuláris rezonanciában van a bolygórendszer egyik szekuláris sajátfrekvenciájával, e rezonancia periódusa 137 millió év. A sok rezonancia teszi kérdésessé a Plútó-pálya stabilitását. Mivel azonban a Plútó tömege igen kicsi ($1/130\,000\,000$ naptömeg), a Plútó kaotikus viselkedése (a kezdőfeltételekre való nagyfokú érzékenysége) nem okoz instabilitást a bolygórendszer többi részében.

A teljes Naprendszert nehéz hosszú időre integrálni, mert mindig a rendszerben előforduló legrövidebb periódus határozza meg a lépésközt. A külső nagybolygóknál 40 napos lépésközzel lehet integrálni, a belső bolygóknál azonban 0.5 napos lépésköz szükséges. Ezért a teljes Naprendszerre hosszabb idejű numerikus integrálás a 90-es évek elejéig még csak egy volt, ezt NEWHALL és munkatársai végezték 1983-ban 4400 évre. 1991-ben QUINN és munkatársai 3 millió évre integrálták a teljes Naprendszert. 1992-ben Süssman és Wisdom szimplektikus integrálással (amikor is nem az egzakt mozgásegyenleteket, hanem azok speciális közelítését vizsgálják) 100 millió évre terjesztette ki az integrálás határát.

Laskar francia csillagász a 90-es évek elején szemi-analitikus módszerrel vizsgálta a bolygórendszer hosszú távú dinamikai viselkedését. A bolygórendszer teljes perturbációs függvényét számítógép segítségével igen nagy pontos-

sággal (a bolygótömegek második, az excentricitások és pályahajlások ötödik hatványáig bezárólag) analitikusan sorbafejtette, kiátlagolva a sorfejtésből a bolygók keringéséből eredő rövid periódusú változásokat. Az átlagolt sorfejtés már csak a pályák szekuláris s_i , g_i sajátfrekvenciáitól függő tagokat tartalmazott, de a sorfejtés így is 150 000 tagból állt. Ezt az ún. *szekuláris rendszert* Laskar numerikusan integrálta. Az integrálás a tagok nagy száma ellenére hatékonyan végezhető, egyrészt az egyenletekben meglévő szimmetriák miatt, másrészt pedig azért, mert a lépésköz nagyra, 500 évre választható. 200 millió évre az integrálás egy szuperszámítógépen néhány óra. Az integrálás eredménye megrázó: a belső bolygók mozgása kaotikus, Ljapunov-idejük mindössze 5 millió év! 15 méteres hiba a Föld kezdőpozíciójában 150 méterre nő 10 millió év alatt, de az exponenciális növekedés miatt 150 millió km lesz 100 millió év múlva. Efemeriszek készíthetők 10 millió évre, de ennél tovább gyakorlatilag nem lehet a bolygók pályamenti helyzetét előre jelezni.

A kaotikus viselkedést nem-lineáris szekuláris rezonanciák okozzák. (A perturbációs függvény sorfejtését az excentricitásokra és pályahajlásokra nézve másodrendig véve lineáris szekuláris rezonanciák léphetnek fel egy-egy s_i vagy g_i sajátfrekvencia között. A perturbációs függvény magasabb rendű sorfejtése esetén nyílik lehetőség nem-lineáris szekuláris rezonanciákra több s_i , g_i frekvencia között.) Az egyik ilyen rezonancia, amely a kaotikus viselkedésért felelős, a Föld és a Mars szekuláris sajátfrekvenciái közt található, $\theta = 2(g_4 - g_3) - (s_4 - s_3)$ kombinációval. A másik rezonancia a Merkúr, Vénusz, Jupiter szekuláris sajátfrekvenciái közt lép fel: $\sigma = (g_1 - g_5) - (s_1 - s_2)$. Ezekhez a rezonanciákhoz a nem-lineáris elméletben nagy amplitúdójú változások kapcsolódnak, másrészt az ezeknek megfelelő szögváltozók viselkedése libráció és cirkuláció között váltakozik, ami tipikus jelenség kaotikus rendszerekben. Az említett szekuláris rezonanciáknak a létezését, valamint a belső bolygók 5 millió éves Ljapunov-idejét Süssman és Wisdom 100 millió éves szimplektikus integrálása is megerősíti.

Fokozott érdeklődésre tarthat számot a kérdés, hogyan változnak a bolygópályák évmilliók alatt a kaotikus viselkedés hatására? Laskar vizsgálatai szerint a Jupiter, Szaturnusz, Uránusz és Neptunusz mozgása több száz millió év alatt igen reguláris marad, ezek pályáiban csak igen kis változások vannak. Ami igen lényeges, a rövid, 5 millió éves Ljapunov-idő ellenére a Föld pályája nem változik jelentősen, az excentricitásnak a kaotikus diffúzióból eredő változása kisebb 0.01-nál. A többi belső bolygó esetében is kicsi a kaotikus változások hatása a pályákra, hozzátéve, hogy legerősebben a Merkúr pályája változik. A belső bolygók mozgásának kaotikus jellege abban nyilvánul meg, hogy a nem-lineáris szekuláris rezonanciák hatására néhány millió év alatt bizonytalanná válik a bolygók pályamenti helyzete, a pályamenti mozgást nem lehet pontosan kiszámítani. (Az 5.1. táblázatban megadott sajátfrekvenciák a

belső bolygóknál időben jelentősen változhatnak a kaotikus diffúzió következtében.)

A bolygók kaotikus rotációja

A bolygók a tengelyforgás következtében az egyenlítőjük mentén lapultak, ezért a Nap és holdjaik forgatónyomatékokat gyakorolnak rájuk. Ennek hatására a forgástengely precessziós mozgást végez, a Föld esetében ennek $\approx 26\,000$ év a periódusa. Ehhez járul a *planetáris precesszió*: a perturbációk hatására változik a bolygók pályasíkjának térbeli helyzete, így módosul a bolygók egyenlítőjének és pályasíkjának egymáshoz viszonyított elhelyezkedése, s a közöttük lévő dőlésszög is. A dőlésszög változásának nagy szerepe van egy bolygó éghajlatának alakulásában. A bolygópályák szekuláris változásainak ismeretében meghatározható a dőlésszög hosszú időtávú viselkedése.

A Föld precessziós mozgását meghatározó differenciálegyenletekben a Nap és a Hold hatását kifejező tagok mellett a Föld pályasíkjának perturbációit leíró tagok is szerepelnek. Ezek a perturbációk néhány millió évre a szekuláris frekvenciáktól függő feltételeken periodikus megoldással közelíthetők. (Hosszabb távra ez a közelítés nem jó, a pályamenti kaotikus viselkedés miatt.) A precessziós mozgás fő részét a Nap és a Hold határozza meg, az innen származó precessziós frekvencia $50''.47/\text{év}$. A precessziós frekvencia függ még a tengelyforgás szögsebességétől, a lapultságtól és a dőlésszögtől is. Ezen paraméterek esetleges változása módosítja a precessziós frekvenciát, amely így rezonanciába kerülhet a földpálya szekuláris változásának sajátfrekvenciáival. Rezonancia esetén pedig kaotikus viselkedés várható. A precessziós egyenletek numerikus integrálásával a közelmúltban Laskar és ROBUTEL francia csillagászok foglalkoztak. A földi egyenlítő és az ekliptika kezdeti dőlésszögét 0° és 125° között 0.1° -os lépésközzel változtatva minden egyes kezdőértékkel 18 millió évre integrálták az egyenleteket, és meghatározták ezen idő alatt a dőlésszög változásának mértékét, valamint az átlagos precessziós frekvenciát. Ezekből a vizsgálatokból kiderült, hogy ha a kezdeti dőlésszög 60° és 90° között lenne, mind a dőlésszögben, mind a precessziós frekvenciában nagymértékű kaotikus változások lépnének fel. Szerencsére messze vagyunk ettől a kritikus tartománytól, és az egyenlítő és az ekliptika dőlésszöge néhány millió év alatt a $23.3^\circ \pm 1.3^\circ$ tartományban ingadozik. Azonban már ennek a látszólag kis változásnak is számottevő hatása lehet az éghajlatra. Kiszámítható ugyanis, hogy ez a változás 20%-os módosulást okoz a nyári szoláris besugárzásban 65° -os északi szélességen. A MILANKOVIČ-elmélet szerint magas szélességeken a járulékos nyári hőmennyiségnek fontos klímaszabályozó szerepe van,

mert megolvasztja a tél folyamán felhalmozódott jeget és megakadályozza a jégsapka kiterjedését. Ha a hőmennyiség nem elegendő, a jégtakaró kiterjed, ami általános lehűlést von maga után.

Drámaian megváltozna a helyzet, ha a Hold nem lenne jelen. A Hold nélkül a precessziós frekvencia a harmadára csökkenne, ez a kisebb frekvencia pedig a földpálya több szekuláris frekvenciájával rezonanciába kerülne. Ráadásul a rezonanciák átfednék egymást, és kiterjedt kaotikus tartományt hoznának létre. A Hold nélküli precessziós egyenleteket a kezdeti dőlésszög és rotációs periódus széles tartományában minden kezdőpontból 18 millió évre integrálva Laskar és Robutel azt kapta, hogy minden 12 óra és 48 óra közötti kezdeti rotációs periódusra, valamint 0° és 85° közötti kezdeti dőlésszögre az egyenlítő és az ekliptika dőlésszöge igen nagy kaotikus változásokat szenvedne, a dőlésszög néhány millió év alatt 60° -ot is változhatna. Mindennek beláthatatlan következménye lenne az éghajlat alakulásában. A Hold jelenléte tehát stabilizálja a Föld precessziós mozgását, s az éghajlat szabályozásán keresztül sokkal nagyobb szerepe lehetett a földi élet kialakulásában, mint azt korábban gondolták (M3. színes ábra).

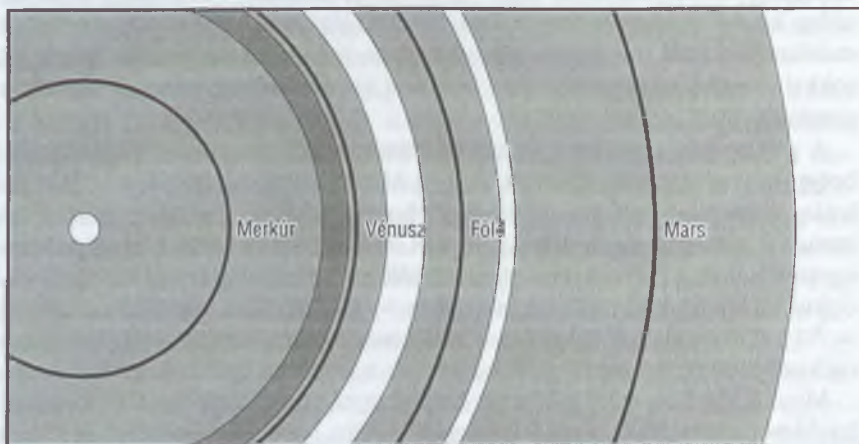
A precessziós egyenletek fentebb említett típusú vizsgálatát a többi nagybolygóra is elvégezték. Kiderült, hogy a Mars forgástengelyének mozgása jelenleg is kaotikus, néhány millió évnél hosszabb időre nem lehet előre megmondani a forgástengely irányát. Ennél is fontosabb azonban, hogy a Mars egyenlítőjének a pályasíkjával alkotott dőlésszöge jelenleg is egy kiterjedt kaotikus tartományban található, amelyben – a numerikus integrálások szerint – 50 millió év alatt 0° -tól 60° -ig is változhat. A Mars korábbi éghajlatára vonatkozó modelleket ennek a felfedezésnek a fényében újra kell gondolni.

Mind a Merkúr, mind a Vénusz forgástengelyének iránya jelentős kaotikus fejlődésen mehetett át, amíg jelenlegi állapotába jutott. A Vénuszról általában azt gondolják, hogy „fejjel lefelé” keletkezett, mivel a többi bolygóval ellentétben irányban forog. Azonban kimutatható, hogy még ha a Vénusz a Földéhez hasonló szögsebességgel, és azonos irányban kezdett is forogni, a dőlésszögben lévő nagy kaotikus zóna jelenléte miatt a forgástengely a pályasík közelébe kerülhetett, ahonnan azután disszipatív erők a jelenlegi helyzetébe vitték, ahol a rotációs sebesség csökkenésével stabilizálódott.

A vizsgálatok szerint a külső nagybolygók dőlésszöge alapvetően stabil. Az Uránusz nagy (98° -os) dőlésszögét nem lehet a Vénuséhoz hasonló módon magyarázni.

A Naprendszer stabilitása

A belső bolygók 5 millió éves Ljapunov-ideje és a nagy amplitúdójú szekuláris rezonanciák létezése jelzi, hogy a bolygórendszer mozgása nem reguláris, és nem lehet feltételesen periodikus megoldással közelíteni 10–20 millió évnél tovább. A közeli pályák exponenciális divergenciája miatt ráadásul 100 millió évnél hosszabb időre nem lehet pontos előrejelzést adni a belső bolygók mozgásáról. Hasonló mondható el a Plútóról is. A többi külső nagybolygó mozgása viszont alapvetően reguláris. Jóllehet ezeket a belső bolygók perturbálják, ezek a perturbációk kicsik, és a belső bolygók kaotikus változásának hatása csak igen kis diffúziót okoz a külső bolygók pályáiban.



5.1. ábra. Az excentricitás lehetséges becslült változásai következtében a belső bolygók által 5 milliárd év alatt bejárt tartományok. A két zóna a Merkúr és a Vénusz esetében átfedi egymást (sötétebb sáv). A Mars közelítőleg a kisbolygóövezet belső határáig távolodhat. Az ábra a belső Naprendszer telítettségét sugallja, más bolygó számára nincsen hely.

Lehet-e valamit mondani a Naprendszer fejlődéséről 100 millió év után? Az ennél hosszabb idejű numerikus integrálások nem a Naprendszer valódi fejlődését mutatják, jelzik azonban a lehetséges fejlődési utakat. A lehetséges fejlődési pályák vizsgálatához a mozgásegyenleteket a Naprendszer korával egyező nagyságrendű ideig kellene integrálni. Ilyen hosszú távra azonban az egzakt mozgásegyenleteket integrálni még nem lehet. Lehet viszont a szekuláris egyenleteket, melyek nem tartalmazzák a rövid periódusú változásokat. A szekuláris rendszer 150 000 tagja közül elhagyva az igen kis amplitúdójú-

kat és kihasználva az egyenletekben meglévő szimmetriákat, egy egyszerűsített rendszer nyerhető, melyben már „csak” 6000 tag szerepel. Ennek a rendszernek az integrálása 250 éves lépésközzel végezhető, 1 milliárd évre a számítások egy szuperszámítógépen 1 nap CPU időt igényelnek. Laskar számos pályát integrált több milliárd évre. Ezek a vizsgálatok azt jelzik, hogy a külső nagybolygók ilyen hosszán is igen regulárisan viselkednek, a belső bolygóknál viszont lehetnek nagy, irreguláris változások. Lehet olyan speciális kezdőfeltételeket találni, melyek a Merkúr szökésére vezetnek 3.5 milliárd év múlva. Ez nem jelenti azt, hogy a bolygó valóban el is hagyja a Naprendszert, csak ennek elvi lehetőségét. A többi bolygónál a vizsgált több száz esetben nem találtak szökésre vezető pályát. A Föld és a Vénusz esetében a pálya excentricitása 5 milliárd év alatt legfeljebb 0.1-re nőhet, a Mars esetében a változás nagyobb, 0.25 lehet. A Mars így közel kerülhet a Föld pályájához, azonban azt nem metszheti.

Az eddigi vizsgálatok alapján az mondható, hogy a Naprendszer *marginálisan stabil*, a stabilitás határán van. Ez azt jelenti, hogy jöllehet a rendszer nem stabil, erős instabilitások azonban csak a Naprendszer korával összemérhető időskálán, azaz kb. 5 milliárd év alatt fordulhatnak elő.

A szekuláris egyenletek hosszú időtartamú numerikus integrálása lehetővé tette a bolygórendszer dinamikai fejlődésének globális felvázolását. Jöllehet ez nem az egzakt mozgásegyenletek megoldásán alapul, ám feltehetően ez a kép lényegesen nem fog módosulni, ha majd az egzakt egyenletek igen hosszú idejű integrálása is lehetővé válik.

Vinkó József–Szatmáry Károly–Kaszás Gábor–Kiss László

A csillagok színeképe

A színeképelemzés, vagyis a spektroszkópia a csillagászat egyik legeredményesebb vizsgálati módszere. A spektroszkópia a magyarországi csillagászati kutatásokban korábban viszonylag kisebb szerepet töltött be, alkalmazása hátterbe szorult a fény intenzitását mérő fotometriai módszerek mellett. Ennek elsődleges oka nyilván a szükséges műszerezettség hiánya, mivel a spektroszkópia nagyságrendekkel nagyobb teljesítőképességű távcsöveket, illetve egyéb műszereket igényel, mint a fotometria. Az utóbbi években ez a tendencia örvendetesen megváltozott. Egyre több magyar kutató fér hozzá különféle külföldi csúcskategóriájú műszerekhez, így a spektroszkópai módszerek alkalmazása a hazai csillagászatban is kezd meghonosodni. Ez az összefoglaló megkísérel bepillantást nyújtani azokba a vizsgálatokba és eredményekbe, melyeket Szegeden, a József Attila Tudományegyetemen működő csillagász csoport tagjai az elmúlt években értek el. Előtte azonban röviden ismertetni a spektroszkópia csillagászati alkalmazásában használt fontosabb alapfogalmakat, műszereket és főbb vizsgálati módszereket. Az irodalomjegyzékben felsorolt művekben (különösen a [4]-ben) megtalálhatók az itt nem részletezett spektroszkópai információk.

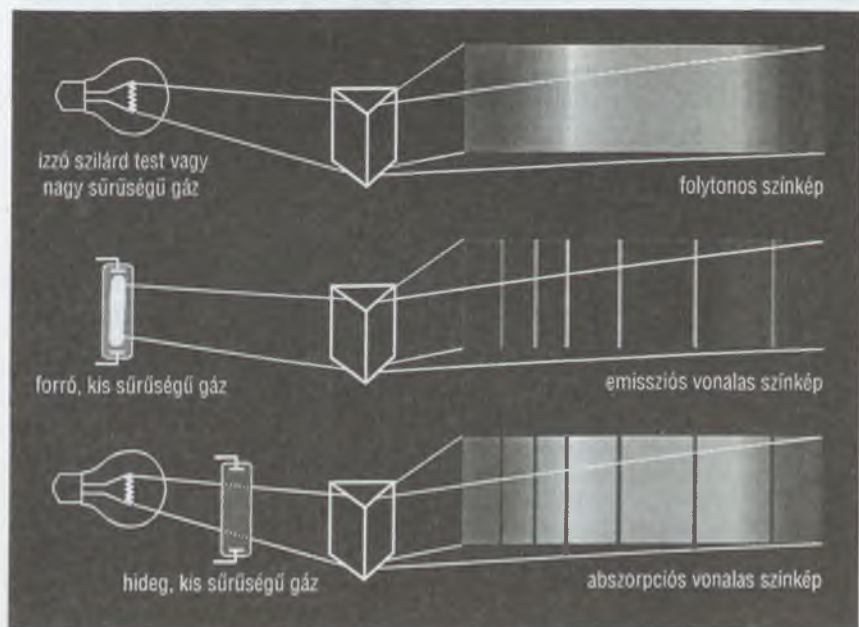
A csillagok színeképtípusa

A modern színeképosztályozás a csillagok légköri hőmérsékletén és nyomásán alapul (lásd *Meteor* 1997/4 6. o.). A hőmérséklet meghatározza a csillag színét és felületegységének fényességét. A nyomás a felszíni gravitációs gyorsulástól, így durván a csillag méretétől függ. A méret és a felületi fényesség megadja a csillag luminozitását, a teljes fényteljesítményét. Ennek ismeretében a távolságra is következtetni lehet.

A fizikusok felfedezték, hogy az izzásig hevített szilárd testek, folyadékok vagy sűrű gázok folytonos spektrumú sugárzást bocsátanak ki mindenféle vonalak nélkül, ez a kontinuum. Egy ritka forró gáz azonban csak az atomjaira jellemző bizonyos hullámhosszokon (színeken) sugároz, ilyenkor fényes emissziós vonalakat figyelhetünk meg (6.1. ábra). Ha hidegebb gáz helyez-

kedik el valamilyen sugárzó objektum előtt, akkor sötét elnyelési, vagyis abszorpciós vonalak jelennek meg a színeképben (6.2. ábra).

Minden atomnak vagy molekulának megvannak a saját színeképvonalai, amelyek hullámhosszát az elektronjaik energiaszintjei, pontosabban az azok közti különbségek határozzák meg. Ha egy elektron foton elnyelése során magasabb energiaszintre ugrik, akkor abszorpciós vonal, ha pedig foton kibocsátásával alacsonyabb szintre kerül, akkor emissziós vonal jön létre.



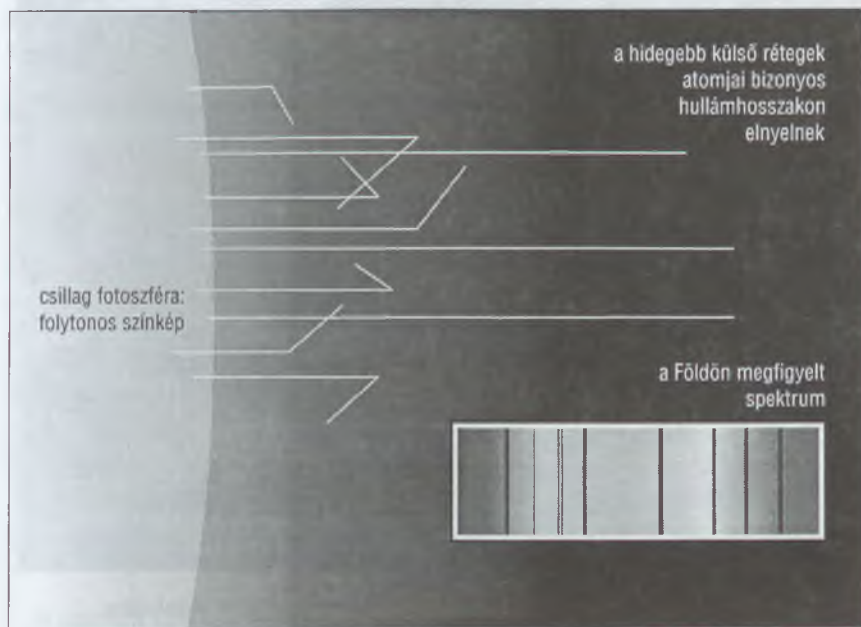
6.1. ábra. A folytonos, az emissziós és az abszorpciós színekép kialakulása

A színeképvonalak nemcsak arról árulkodnak, hogy milyen elemek vannak egy csillag légkörében, hanem arról is, hogy milyen fizikai körülmények között jöttek létre (hőmérséklet, nyomás, elektromos és mágneses tér erőssége, helyi mozgásviszonyok). Így a színeképelemzés segítségével a csillagokról nagyon sok információt szerezhetünk.

A csillagok spektrál- és luminozitási osztályairól több könyvben olvashatunk (lásd pl. [3], [4] és [5]). A színeképosztály meghatározása a gyakorlatban a hidrogén *Balmer-sorozata* és fémek (pl. vas, kalcium, titán, mangán) vonalainak ekvivalens szélessége (a vonal feletti terület) alapján, valamint standard spektrumokkal való összehasonlítással történik. A 6.3. ábrán különféle színeképtí-

pusú fősorozati (V luminozitási osztályú) csillagok fényintenzitásának hullámhosszfüggését mutatjuk be. Az O–B–A–F–G–K–M sor mentén egyre alacsonyabb a felszíni hőmérséklet, egyre több a megjelenő színeképvonal. A forró kék csillagoknál a hélium és a hidrogén dominál, a hidegebb vörös csillagok légkörében a fémek és a molekulák vonalai illetve sávjai látszanak.

A folytonos színeképben belüli energiaeloszlás utal a csillag légkörének hőmérsékletére. A legtöbb információ azonban a színeképvonalak vizsgálatából származik. A vonalak azonosítása és erőssége a kémiai összetétel meghatározását teszi lehetővé, amelyből a csillag korát becsülhetjük meg.



6.2. ábra. Egy csillag színeképének kialakulása

A vonalak színeképbeli helye, a laboratóriumi hullámhossztól való eltolódás mértéke a *Doppler-effektus* alapján annak a gáznak a mozgásviszonyait adja meg, ahol a vonal kialakul. A színeképvonalon belül a intenzitás lefutása, a vonal alakja, a *vonalphil* a csillag légkörét alkotó gázban lévő fizikai körülmények meghatározása mellett a csillag forgásának sebességére, az esetleges pulzációra, csillagszélre, tömegvesztésre, felszíni foltokra, a csillag körüli anyagra, kettősségre és sok másra enged következtetni.

Persze a Földön megfigyelt színekép a csillagtól, a köztünk lévő csillagközi

anyagtól és a földi légkörtől együtt származik. A vonalak azonosításánál vigyázni kell erre, el kell különíteni a különböző eredetű vonalakat, sávokat.

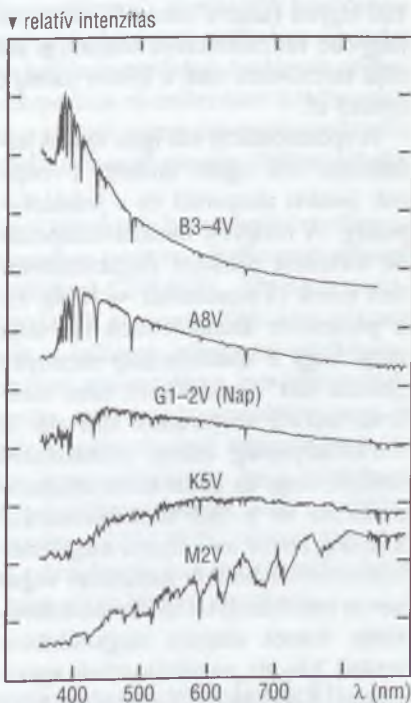
Spektroszkópai műszerek

Az összes modern optikai spektroszkóp működése azon a fizikai jelenségen alapul, amit NEWTON 1666-ban fedezett fel, amikor egy prizma segítségével a fehér fényt színeire bontotta. Később a XIX. század kiemelkedő fizikusai bizonyították be, hogy ez a felbontás annak következménye, hogy a fény olyan hullámokból áll, melyek hullámhossza (illetve frekvenciája) különböző. Olyan optikai elemekkel (*bontóelemekkel*), melyek a különféle hullámhosszú komponenseket különbözőképpen térítik el (a fizikában ezt a jelenséget *diszperziónak* nevezzük), létrehozhatjuk a fényforrás hullámhossz szerint rendezett képét, azaz spektrumát. Az erre szolgáló összetett optikai berendezést nevezzük spektroszkópnak. Használatos még a spektrográf elnevezés is, eredetileg ezt a spektrumot lefényképező spektroszkóp elnevezésére használták.

Egy tipikus csillagászati spektrográf vázlatos elrendezése látható a 6.4.

ábrán. A belépő rést, amelyen keresztül a fény a spektroszkópba jut, a távcső Cassegrain-, esetleg Coudé-fókuszába helyezik. A műszerbe bejutó divergens fénynyalábot a kollimátor fókuszálja a bontóelemre, amely optikai rács, vagy ritkábban prizma, esetleg ezek kombinációja lehet. Magát a színeképet a bontóelem állítja elő. A színeképet egy leképező rendszer (az ábrán ez a korrektoreszlencséből és a kameratükörből áll) juttatja a detektorra, amely lehet fotolemez, vagy újabban CCD-mátrix.

Már ebből az elvi elrendezésből is látszik, hogy miért van szükség nagy át-

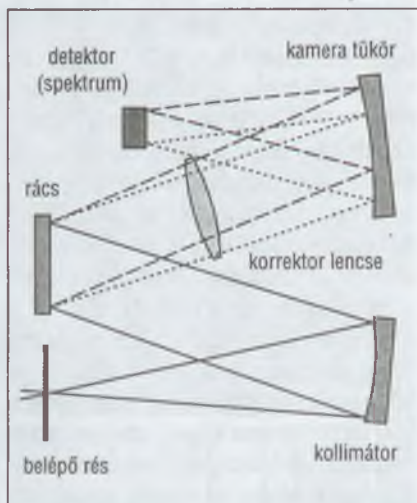


6.3. ábra. Különböző színképtípusú
fősorozati csillagok spektruma

mérőjű, fényerős teleszkópokra a csillagászati spektroszkópiához. Egyrészt a sok optikai elemen történő fényvesztés intenzitáscsökkenéssel jár, másrészt a diszperzió következtében a beeső fény a keletkező spektrum viszonylag nagy felületén oszlik el, emiatt a fénysűrűség erősen csökken. Emellett gyakran csak egy szűk spektrális tartományt rögzítenek, ahova a csillag fényének csak igen kis része esik. Mindezek miatt ahhoz, hogy a mérések jel/zaj aránya legalább 100 legyen (azaz a hiba 1% alatt maradjon), minimum 1 méteres vagy annál nagyobb tükörátmérőjű teleszkóp szükséges. Általában minél nagyobb átmérőjű távcsövünk van, a kívánt jel/zaj érték annál rövidebb expozíciós idő alatt érhető el.

A spektroszkóp két igen fontos jellemzője, sok egyéb mellett, a *reciprok lineáris diszperzió* és a *feloldóképesség*. A reciprok lineáris diszperziót történeti okokból Ångström/mm-ben mérik ($1 \text{ nanométer} = 10 \text{ Å}$). Ez a paraméter szemléletesen azt adja meg, hogy a spektroszkóp mennyire „húzza szét” a színeképet, azaz mekkora méretű spektrumot állít elő. A feloldóképesség annak jellemzésére szolgál, hogy az adott hullámhosszon mekkora az a $\Delta\lambda$ hullámhossz-különbség, amely még éppen megkülönböztethető. Mindkét paraméter végső soron befolyásolja a spektrum felbontását. Ennek alapján megkülönböztünk kis- és nagyfelbontású spektrumot. Kisfelbontású spektrumokból lehet pl. a csillagok sugárzási kontinuumának hullámhosszfüggését tanulmányozni. A kisfelbontású spektroszkópok feloldóképessége ugyan kicsi, viszont egyszerre széles hullámhossztartományban lehet tanulmányozni a színeképet. A nagyfelbontású spektrumok főleg akkor szükségesek, ha egyedi színeképvonalakat akarunk tanulmányozni, pl. sebességmérés céljából (lásd a továbbiakban). A nagyfelbontású spektroszkópok reciprok lineáris diszperziója kicsi (jellemző érték az 1 Å/mm), feloldóképessége igen nagy (30 000–50 000 körüli), igen kis hullámhosszkülönbségek vizsgálhatók vele, de általában egyszerre csak egy keskeny (5–10 nm) tartományban.

A nagy felbontóképességet és széles spektráltartomány átfogását egyesítő műszer az *echelle* spektrográf, amelyben két bontóelem (általában egy nagy



6.4. ábra. Csillagászati spektroszkóp elvi elrendezése

feloldóképességű rács és egy kisebb feloldóképességű prizma) van elhelyezve, egymásra merőleges diszperzióval. Az optikai rács ugyanis egyszerre több spektrumot is előállít (különböző optikai rendeket), melyek diszperziója egyre növekvő. A magas rendszámhoz (20–30) tartozó spektrumok már kellően nagy felbontásúak, de éppen emiatt átfedik egymást, ezért a rács túloldalán csak a színeképek kombinációját lehet megfigyelni, ami zavarólag hat (a szakzsargon szerint csökken a szabad spektrális tartomány). A második bontóelem az elsőre merőleges irányban „húzza szét” a spektrumot, ezáltal az egymást átfedő, azonos helyre eső, de különböző hullámhosszúságú hullámok térbelileg elkülönülnek. Ezzel a keresztezett diszperziós elrendezéssel kétdimenziós spektrumokat lehet készíteni, amelyen a rácsról származó egyes spektrális rendek egymás alatt helyezkednek el. Az M1. színes ábrán egy tipikus echelle spektrum látható.

A spektroszkópok továbbfejlesztésével sokféle egyéb berendezést szerkeszthetünk, ezek közül egy érdekes, a csillagászatban gyakran alkalmazott műszer a *korrelációs spektrométer*, vagy angol rövidítéssel *CORAVEL*. Ebben a spektrum és a detektor között egy maszk helyezkedik el, amely több ezer vékony vonalat tartalmaz. A maszkon lévő vonalak a csillagok jellegzetes színekpovonalainak megfelelő elrendezésűek. A maszkon átmenő fényt egy lencserendszer egy fotoelektron-sokszorozóra fókuszálja, azaz magát a színeképet nem is rögzítik. A maszknak a diszperziós tengely mentén történő mozgztatásával elérhető, hogy a detektorra jutó fény akkor legyen minimális, ha a színekép és a maszkon található vonalak pozíciója leginkább egybeesik, azaz a színekép és a maszk között maximális az átfedés. Az ilyen *CORAVEL*-típusú elrendezéssel a színekép Doppler-eltolódása, azaz a fényforrás és a megfigyelő relatív sebessége gyorsan, nagy pontossággal (1 km/s alatti hibával) mérhető.

Spektroszkópiai módszerek az asztrofizikában

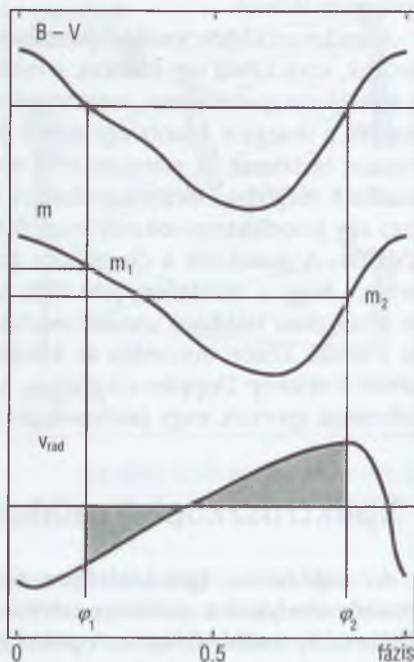
Az alábbiakban igen vázlatosan felsorolunk néhány olyan alapvető alkalmazást, amelyben a spektrum mérése döntő fontosságú a csillagok megismerésében. A továbbiakban az optikai spektroszkópia területére szorítkozunk, illetve azokra a módszerekre, melyeket történeti vagy mérés technikai okokból elsősorban a látható színeképtartományban szokás alkalmazni. Számos egyéb módszer is ismeretes ezeken kívül, pl. olyanok, melyeket a nem optikai hullámhossztartományban, hanem a rádió, infravörös, ultraibolya, vagy röntgentartományban használnak, ezekre itt most nem térünk ki.

Radiális sebességek mérése

A spektroszkópia egyik legrégebbi alkalmazása a fényforrás látóirányú sebességének mérése a Doppler-effektus felhasználásával. A v_r sebességű látóirányú (radiális) mozgás a színképvonal hullámhosszát $\Delta\lambda = \lambda v_r/c$ értékkel tolja el, ahol λ a kérdéses vonal laboratóriumi (azaz nyugvó rendszerben mért) hullámhossza. Az eltolódás és a sebesség iránya olyan, hogy a pozitív v_r távolodásnak, azaz vöröseltolódásnak felel meg.

A színképvonalak Doppler-eltolódásának mérésére gyakran használják a keresztkorrelációs módszert, amely két spektrum egymáshoz viszonyított eltolódását nagy pontossággal képes meghatározni. Ezen a alapul a fentebb említett CORAVEL-típusú sebességmérő berendezés. A laboratóriumi hullámhossz pontos meghatározásához egy kalibráló spektrállámpa vonalait vagy ismert sebességű csillagok színképeit szokás használni.

Egy újabban bevezetett érdekes eljárás a jód-cellás technika, melynél a csillag fényét egy ritka jódgázt tartalmazó kis küvetán engedik át, így a mérendő és a kalibráló spektrum egyazon felvételen rögzíthető, ami azért lényeges, mert így el lehet kerülni a teleszkóp mozgásából származó mikron léptékű deformációkat, amelyek a hullámhosszmérést érzékenyen befolyásolhatják. Alkalmazásának egyik nagy visszhangot kiváltó eredménye volt a más csillagok körüli bolygók felfedezése a közel-múltban (lásd pl. [9]). Ezen precíziós technika alkalmazásával a sebességmérés hibája elvileg néhány m/s-ra csökkenthető. Tudvalevő azonban, hogy a csillagok színképvonalainak szélessége ennél lényegesen nagyobb sebesség-különbségeknek felel meg, ezért ennek a pontosságnak az elérése csak az igen stabil vonalprofilú csillagoknál lehetséges.

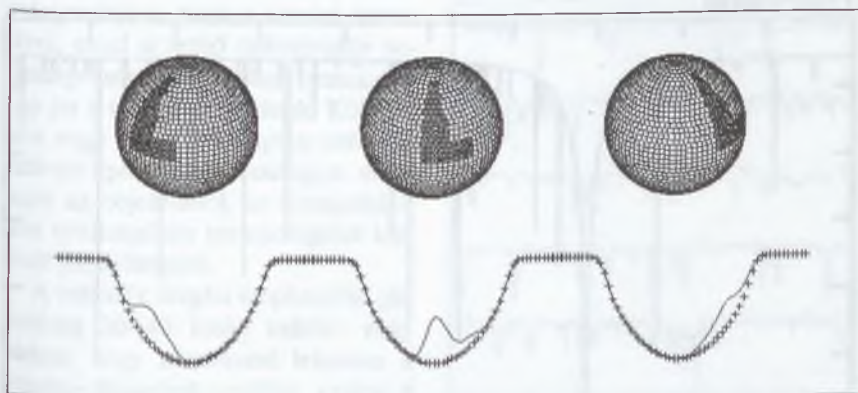


6.5. ábra. A Baade–Wesselink analízis szemléltetése. Az ábrán felülről lefelé haladva a színindex változása, a fényességváltozás és a radiális sebesség fázisfüggése látható. A szürke színű terület a sebességgörbe integrálja, ez adja meg a csillag sugarának változását két adott fázis között

Baade–Wesselink-analízis

Radiálisan pulzáló, azaz rezgő csillagok egyensúlyi sugarának meghatározására szolgáló módszer a Baade–Wesselink-analízis, amely a változócsillag fény- és radiálissebesség-görbéjének együttes vizsgálatát jelenti. A módszer alap gondolatát vázlatosan a 6.5. ábra szemlélteti. Azokban a fázisokban, melyekben a $B-V$ színindex értéke megegyezik, az m fényesség általában különböző, ami arra utal, hogy a csillag hőmérséklete ezekben a fázisokban közel azonos, ellenben a csillag sugara eltérő. A radiális sebességgörbe integráljából megállapítható, hogy mekkora mértékű az elmozdulás e két fázis között, a fényességértékek különbségéből pedig a sugarak aránya határozható meg. E két független mérésből elvileg kiszámítható a csillag átlagos sugara. Ahhoz, hogy a Baade–Wesselink-analízis kielégítő pontosságú eredményt szolgáltatson, igen precíz fényesség- és sebességmérésekre van szükség.

Doppler-leképezés



6.6. ábra. A Doppler-leképezés módszer szemléltetése. A sötét folt hatására a vonalprofilon jellegzetes torzulás jelenik meg, ennek időfüggéséből megállapítható a kérdéses folt helye

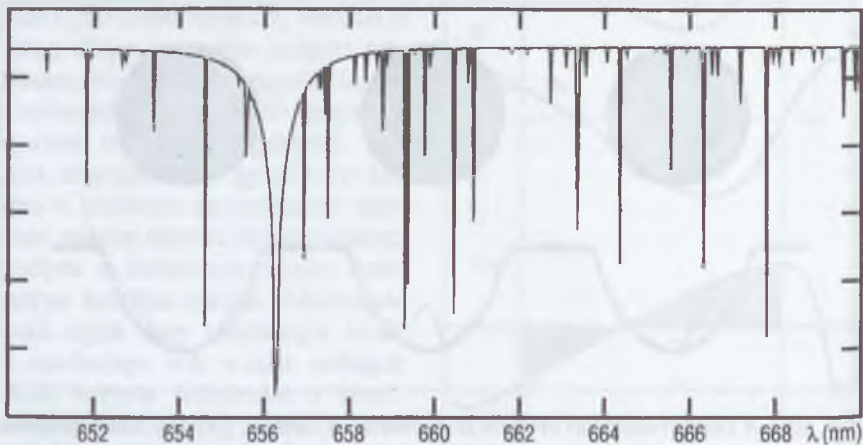
A Doppler-leképezés (Doppler-imaging) technika az egyenetlen fényességleloszlású csillagok felszínének feltérképezésére szolgál. Tipikus alkalmazási területe a csillagfoltok kimutatása gyorsan forgó csillagokon (lásd [6]). Lényege az, hogy a forgó csillag különböző felületi pontjai különböző látóirányú sebességűek, azaz különböző Doppler-eltolódásúak. A sötét foltok nem járulnak hozzá az abszorpciós színképvonal keletkezéséhez (mivel a foltokról kevés fény érkezik), ezért a foltok pozíciójának megfelelő Doppler-eltolódású hul-

lámhosszokon egy jellegzetes púp jelentkezik a színkép vonal profiljában. A csillag forgása miatt ez a púp végigvonul a profilon a kéktől a vörös felé. Ezen vonalprofilok analíziséből megállapítható a foltok elhelyezkedése. Az eljárást vázlatosan a 6.6. ábra szemlélteti. Mint sejthető, e technika csak rendkívül precíz vonalprofil-mérések esetén ad használható eredményt.

Spektrum szintézis, kémiai analízis

A csillagászati spektroszkópia egyik legkorábbi felismerése, hogy a különböző csillagok spektruma más-más kémiai elemekre jellemző vonalakat tartalmaz. A vonalak részletes vizsgálatából elvileg megállapítható a csillaglégkör fizikai állapota és kémiai összetétele. Az elvi lehetőség megvalósítása azonban a gyakorlatban rendkívül bonyolult, mivel a csillaglégkör a laboratóriumi plazmákhoz képest igen extrém állapotban van. Így ez a feladat még manapság is csak közelítő feltevésekkel (pl. szürke atmoszféra, lokális termodinamikai egyensúly) oldható meg.

▼ relatív intenzitás



6.7. ábra. 6000 K effektív hőmérsékletű csillag modell-spektruma az ATLAS9 programmal számolva

Különösen nehezíti a helyzetet az, hogy a mért spektrum egyszerre több millió atomi energia-átmenethez tartozó vonalat tartalmaz, melyek bonyolult kölcsönhatásban vannak a környezetükkel. Ezért manapság szinte kizárólag azokat a hosszú munkával kifejlesztett számítógépes programokat használják,

melyek ROBERT KURUCZ amerikai asztrofizikus nevéhez fűződnek, és amelyek tartalmazzák ezen sok millió átmenet atomfizikai paramétereit.

Az analízis során a program bemenő paramétereit (hőmérséklet, kémiai összetétel, sugárzási opacitás, oszcillátor-erősségek stb.) addig variálják, míg a számított és a mért spektrumok a kívánt pontossággal nem egyeznek. Mivel a szabad paraméterek száma még egy elemen belül is elég nagy, ezért sokan a konyhaművészet és a fekete mágia közti határterülethez sorolják ezt a tudományágat. Illusztrálásként bemutatjuk egy 6000 K effektív hőmérsékletű, a Naphoz hasonló kémiai összetételű csillag modell-spektrumának részletét, amelyet az *ATLAS9* programmal számítottunk ki (6.7. ábra).

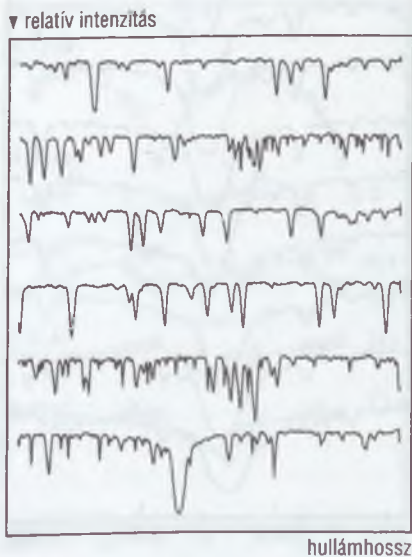
Gyakorlati alkalmazások

Szuperóriás csillagok spektroszkópiája

A pulzáló változócsillagok tanulmányozásakor mind a kémiai összetétel, mind a rezgő csillagléggör sebességeinek vizsgálatában fontos szerep jut a spektroszkópiának. Különösen nagy hangsúlyt kaptak ebben a cefeida típusú pulzáló csillagok, mivel ezek az objektumok az extragalaktikus távolságskála szempontjából kiemelt jelentőségűek.

A cefeidák rezgési amplitúdója (általában 30–40 km/s) kellően nagy ahhoz, hogy alkalmazni lehessen a Baade–Wesselink-analízist, ezáltal a csillagok sugara közvetlenül mérhetővé válik. Az ilyen módon meghatározott fizikai paraméterek fontos szerepet töltenek be mind a periódus–fényesség reláció kalibrálásában, mind pedig a cefeidák fejlődési állapotának empirikus tanulmányozásában.

A cefeida csillagok spektroszkópiájának rendkívül kiterjedt irodalma van, ami jól illusztrálja a fenti okok miatti tudományos érdeklődést. A jelen cikk



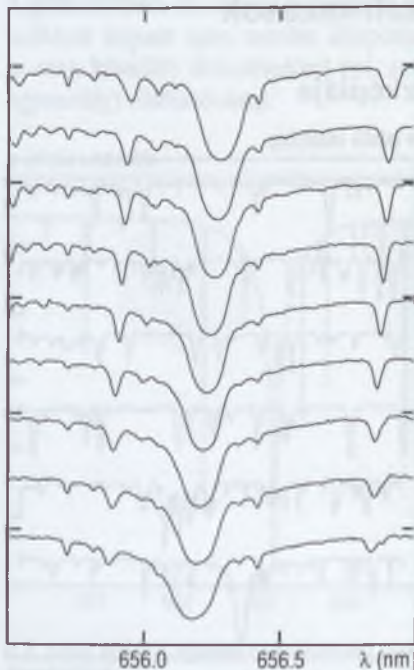
6.8. ábra. A δ Cephei echelle spektruma.
A különböző rendek egymás alatt helyezkednek el

keretei természetesen nem teszik lehetővé a témakör részletes és átfogó ismertetését. Ezért a továbbiakban inkább azokat az újabb eredményeket mutatjuk be, melyek elérésében a cikk szerzői játszottak döntő szerepet.

Klasszikus cefeidák

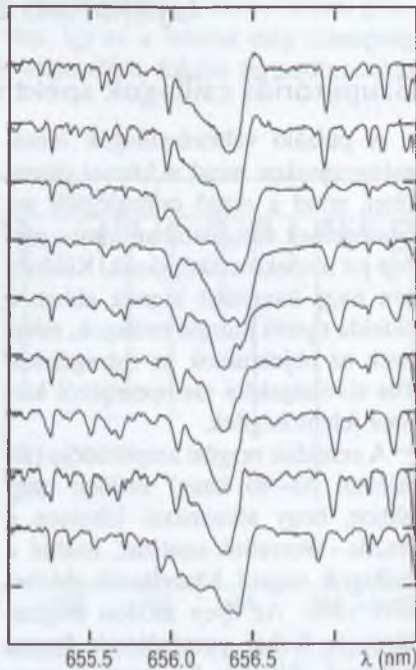
A klasszikus cefeidákról több, igen részletes összefoglaló jelent meg (lásd [7] és [8]). Az azóta eltelt években nem csökkent az érdeklődés ezen a területen, ennek köszönhetően számos érdekes új megfigyelési eredmény született, jórészt a feloldóképesség, illetve a detektorok érzékenységének jelentős növekedése miatt.

▼ relatív intenzitás



6.9. ábra. A δ Cephei spektrumának egy részlete különböző pulzációs fázisokban

▼ relatív intenzitás



6.10. ábra. Az X Cygni spektrumának egy részlete a különböző pulzációs fázisokban

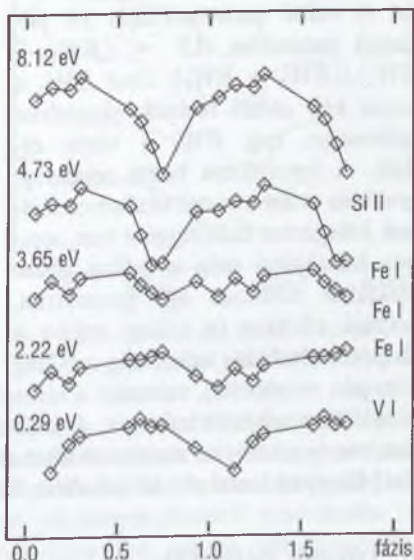
A δ Cephei (a cefeidák névadója) spektrumának egy részlete látható a 6.8. ábrán. A mérés a torontói David Dunlap Obszervatórium (Kanada) 1.88 m-es távcsövére szerelt echelle spektroszkóppal készült. Az egymás alatti görbék

az echelle különböző rendjeihez tartoznak, a 6. echelle-rendben látható széles, mély abszorpció vonal a hidrogén Balmer-alfa ($H\alpha$) vonala. A 6.9. ábrán jól megfigyelhető a spektrumok időbeli változása, és a pulzáció miatti szisztematikus Doppler-eltolódás. Ezen eltolódásokból megszerkeszthető a csillag radiális sebesség-görbéje.

Megjegyezendő, hogy bár a Doppler-eltolódás mérése látszólag egyszerű (lásd fentebb), a valóságban ez igen bonyolult feladat, mivel a pulzáció nemcsak a spektrumvonalak hullámhosszát, hanem alakját is befolyásolja. Egy szimmetrikus (pl. Gauss-görbével közelíthető) vonal eltolódása egyszerűen mérhető. Nem így egy aszimmetrikus vonalé, amely ráadásul egyes rezgési fázisokban erős kiszélesedést is mutathat. Ezek a komplikációk arra utalnak, hogy a vonalak keletkezése nem egy szűk rétegben megy végbe a csillagatmoszférában, hanem egy időben dinamikusan változó tartományban. Mindezek miatt úgy fest, hogy bár a jelenlegi eszközök képesek a radiális sebességek 1 km/s-nál pontosabb mérésére, a vizsgált közeg fizikai állapota ezt nem mindig teszi lehetővé.

A fellépő komplikációkat szemléltetni a 6.10. ábra, amely az *X Cygni* $H\alpha$ vonalának környezetét mutatja. Látható, hogy a hidrogénvonal alakja igen kevésbé hasonlít a δ Cephei-nél megfigyelthez. Az *X Cygni* pulzációs periódusa 16 nap körüli, szemben a δ Cephei 5 nap körüli értékével, ami azt példázza, hogy a bonyolult vonalprofilok a nagyobb méretű, kiterjedtebb légkörrel rendelkező hosszú periódusú cefeidáknál jelentkeznek erősebben. Sajnos ezek a csillagok azok, amiket az extragalaxisokban cefeidaként lehet detektálni (mivel ezek a legfényesebbek is), emiatt a hosszú periódusú cefeidák fizikai állapotának megismerése kulcsfontosságú a modern asztrofizikában.

A radiális pulzáció jellegéből adódóan a rezgés nem lesz egyenletes a csillaglégkörben, hanem egyes rétegek időben eltérő sebességekkel fognak mozogni. Példaként ismét az *X Cygni* esetét hozhatjuk fel: a 6.11. ábra a különböző kémiai elemekhez tartozó vonalak sebességét mutatja. Ezek a

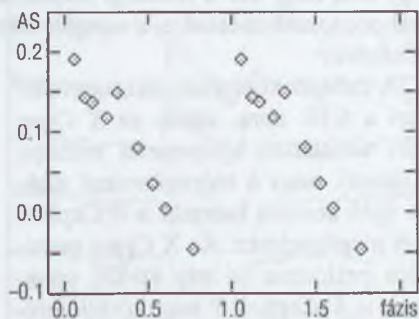


6.11. ábra. Az *X Cygni* radiális sebességei különböző kémiai elemek vonalaiból. A görbék az egyes vonalak sebességeinek az átlagtól való eltérését mutatják

vonalak különböző energiájú atomi átmenetekhez tartoznak, emiatt a fotoszféra különböző rétegeiben keletkeznek, (a nagyobb energiájú átmenetekhez tartozó vonalak mélyebben). Mint látható, az átlagsebességhez leginkább a 2–3 eV-os vonalak vannak közel, míg a 8 eV-os Si II vonal akár 6 km/s-ot is eltérhet ettől.

Mindebből megállapítható, hogy a fotoszféra mozgása első közelítésben egy dugattyúban lévő gázéhoz hasonlítható: az alulról jövő tágulási hullám először a mélyebb rétegeket állítja meg és fordítja szembe a kintről befelé mozgó tartományokkal, majd az így tovaterjedő nyomáshullám hatására végül az egész fotoszféra expanzióba kezd. A nyomáshullám gyakorlatilag lökéshullámként terjed tova a kromoszféra felé, melynek mozgását és fizikai állapotát is jelentősen befolyásolja. Ez látható a $H\alpha$ vonal alakjából, amely jellegzetes, nem hasonlít egy sztatikus atmoszférában létrejövő vonalhoz.

A korábban említett vonal-aszimmetriáknak a pulzációs fázistól való függését mutatja be a 6.12. ábra. A vonal aszimmetriáját jól jellemző paraméter $AS = (EW_b - EW_r)/(EW_b + EW_r)$, ahol EW_b a vonal kék oldali felének ekvivalens szélessége, míg EW_r a vörös oldalé. A fotoszférán belüli sebességgradiens miatt a vonal aszimmetriájának jellegzetes fázisfüggése van, amihez hozzájárul még a csillag gömb alakjából adódóan egy geometriai, vetítési effektus (a csillag szélén a Doppler-eltolódás nulla, míg a csillag közepén maximális), valamint a csillaglégkör időben változó véletlenszerű örvénylése, a mikroturbulencia. A 6.12. ábra is megerősíti azt a korábbi hipotézist, amely szerint az aszimmetriákat okozó folyamatokért az expanziós (tágulási) fázisban kialakuló lökéshullám felelős.



6.12. ábra. A δ Cephei vonalainak aszimmetriája a pulzációs fázis függvényében

II. típusú cefeidák

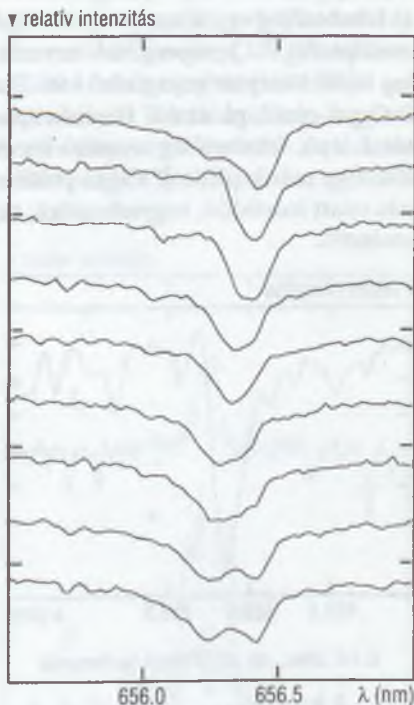
Régóta ismeretes, hogy a klasszikus cefeidáktól eltérő evolúciós állapotban is kerülhetnek a csillagok az instabilitási sáv azon területeire, ahol a klasszikus cefeidák találhatók. Ezek az II. típusú cefeidák meglehetősen heterogén csoportot alkotnak, egy részük gömbhalmazokban, más részük a galaktikus mezőben található, fémtartalmuk az extrém fémszegénytől az extrém fémgaz-

dagig változhat, tömegük becsült értéke általában 1 naptömegnél kisebb, fény- és radiálissebesség-görbéjük globálisan hasonló, míg részleteiben különbözik a klasszikus cefeidákétól.

Mivel a II. típusú cefeidák 2–3 magnitúdóval halványabbak, a hasonló periódusú, legfényesebb klasszikus cefeidáknál, spektroszkópai vizsgálataik irodalma közel sem olyan kiterjedt. A 6.13. ábrán egy jellegzetes II. típusú cefeida, a *BL Herculis* ($P_{\text{pul}} = 1.3$ nap) spektrumának időfüggése látható, szintén a DDO-ban készített mérések alapján. Jól látható az a jellegzetes $H\alpha$ vonalkettőződés, amely pl. az *RR Lyrae* típusú csillagokban is gyakori, és a hosszú periódusú II. típusú cefeidáknak szintén sajátossága. Ez utóbbi, *W Virginis* típusú csillagoknál a vonalkettőződést gyakran emisszió megjelenése kíséri a hidrogén- és héliumvonalak esetében. Mindezek összhangban vannak az előző részben már említett lökéshullám-elmélet jóslataival, amellyel ezek a jelenségek kvalitatív módon jól megmagyarázhatók.

Egy érdekes, és mindmáig megoldatlan kérdés, hogy miért nem jelenik meg a hosszú periódusú klasszikus cefeidák színképében a hidrogén emisszió, hiszen a II. típusú (*W Vir*) csillagokban ez igen erős. Úgy tűnik, mintha a II. típusú cefeidák atmoszféráját a lökéshullámok jóval erősebben befolyásolnák, mint a hasonló periódusú klasszikus cefeidák légkörét. Mivel a fenti jelenségek elméleti modellezése (a sugárzás áramlási egyenletének megoldása dinamikus, mozgó csillagatmoszférában) rendkívül nehéz, nagy szükség van a minél több és pontosabb mérési adataira.

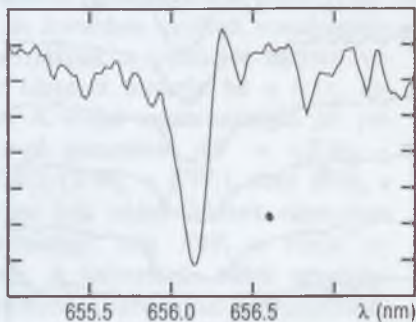
Végezetül egy különleges cefeida, az *AU Pegasi* $H\alpha$ környéki spektrumát mutatja be a 6.14. ábra. Ez a csillag egy II. típusúnak klasszifikált cefeida, amely azonban sok különös tulajdonsággal rendelkezik, pl. rendkívül erős periódusváltozást mutat, emellett kettős rendszer tagja, a keringési idő ($P_{\text{orb}} = 50$ nap) a legrövidebb az ismert kettős cefeidák között. A $H\alpha$ vonal



6.13. ábra. A *BL Herculis* spektruma különböző pulzációs fázisokban

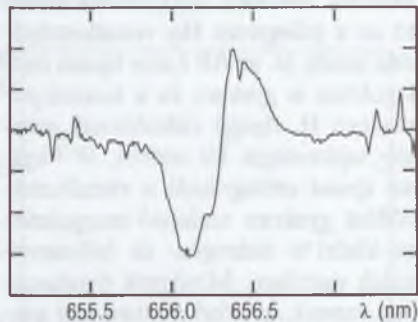
profilja eltér a cefeidáknál megszokottól: a vonal vörös oldala sokkal meredekebb, mint a kék, és ez az aszimmetria végig jelen van a pulzációs ciklus során (tehát nem olyan jellegű, mint a 6.10. ábrán láttuk). Ezt az aszimmetriát feltehetőleg egy állandóan jelen lévő emissziós komponens okozza. Az ilyen vonalprofil *P Cygni-profil*-nak nevezik, és általában akkor jön létre, ha a csillag körül kiterjedt anyagfelhő van. Bizonyos változócsillagok jellegzetessége a *P Cygni*-profil, pl. az *UU Herculis-típusúaké*, melyek a Tejútrendszer fősíkjától távol lévő, feltehetőleg szuperóriás csillagok, melyek között igen sok a kettős. Egy másik példa *P Cygni*-profilra a növők spektruma. Ezeknél a robbanás miatt ledobódó, nagysebességű, távolú gázfelhőben jön létre igen erőteljes emisszió.

▼ relatív intenzitás



6.14. ábra. Az AU Pegasi spektruma

▼ relatív intenzitás



6.15. ábra. A 89 Herculis spektruma

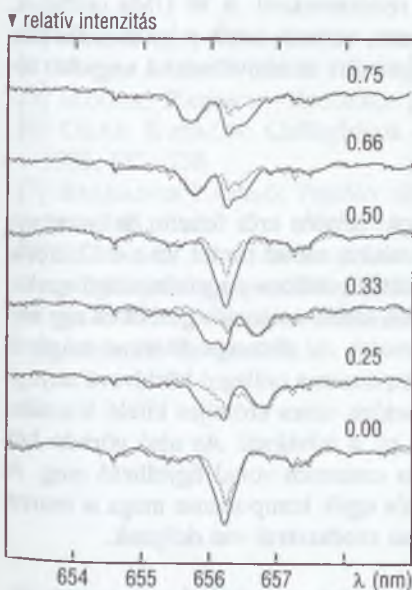
Az, hogy az AU Peg spektruma hasonló az UU Her csillagokéhoz (ráadásul az AU Peg is kettős!), érdekes kapcsolatot jelenthet a cefeidák és az UU Her csillagok között: egyrészt megerősítheti az utóbbiak szuperóriás mivoltát, másrészt azt jelzi, hogy a cefeidák körül számottevő sűrűségű anyagfelhő jöhet létre. A további vizsgálatok feltehetően sok újdonsággal fognak még szolgálni.

W UMa típusú kontakt kettőscsillagok

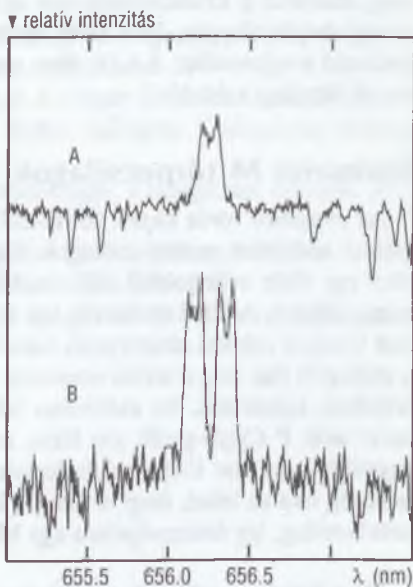
Körülbelül száz éve annak, hogy ismerjük a kettőscsillagoknak ezt a különleges alosztályát, és mind a mai napig nem vagyunk tisztában azzal, hogy hogyan jöttek létre, hogyan maradhatnak stabilak és hogyan, mivé fejlődhetnek tovább. Annyit mindenesetre sikerült kideríteni róluk, hogy fősorozati, késői (G–K) színképtípusú csillagok alkotják, melyeket egy közös konvektív burok kapcsol össze. Fontos jellemzőjük, hogy a komponensek tömegaránya jelentő-

sen különbözik, ugyanakkor felszíni hőmérsékletük közel egyforma, amely a két csillag közti intenzív energiaátadás következménye lehet.

Az utóbbi évtizedben minőségi fejlődés következett be ezen csillagok vizsgálatában: elérhetővé vált a precíz, nagyfelbontású spektroszkópia halvány csillagokra is. A W UMa csillagoknál az az elsődleges gond, hogy amellet, hogy rendszerint halványak, igen gyorsan, 100 km/s-ot meghaladó kerületi sebességgel forognak, ezért színekpvonalaik rendkívül kiszélesedettek. A gyors forgásuk miatt megfigyelésük nem lehet 5–10 percnél hosszabb expozíciós időket alkalmazni, ezért a pontos mérésekhez szükséges jel/zaj viszony csak nagy teleszkópokkal érhető el.



6.16. ábra. A VW Cephei mért, illetve modellből származó spektruma (pontosított, illetve folytonos görbe). A számok az orbitális fázist jelentik



6.17. ábra. Egy dMe csillagokból álló vizuális kettőscsillag (BD+33°1646) komponenseinek H α -profilja

Amikor egy tipikus kontakt rendszer elméleti vonalprofilját kiszámítjuk, akkor egyazon vonalnak a két csillagról jövő együttes képét kell megszerkesztenünk. Az erős Doppler-kiszélesedés miatt általában jól megkülönböztethető a két csillagról származó vonalkomponens. A nagyobb, szélesebb vonal a fő-csillagon, míg a kisebb, keskenyebb vonal a másodkomponensen jön létre. A 6.16. ábra egy megfigyelt W UMa-rendszer, a VW Cephei H α vonalának kör-

nyékét mutatja, a pontozott vonal a tényleges méréseket, míg a folytonos az elméletileg várt spektrumot mutatja (az elméleti spektrumot szolgáltató és a W UMa-rendszert grafikusan modellező számítógépes program a szerzőknél kérésre hozzáférhető).

A 6.16. ábra érdekessége, hogy láthatóan a főcsillag mintha nem lenne jelen a $H\alpha$ vonalprofilban, ugyanakkor a mellékkomponens mozgása egyértelművé teszi a főcsillag jelenlétét. A spektrum más részein megfigyelhető egyéb vonalaknál a főcsillag teljesen normálisan, az elméleti modellel összhangban látszik. A főcsillagról származó $H\alpha$ vonal látszólagos hiányát a csillag kromoszférájából származó hidrogén-emisszió okozza. Ilyen emisszió figyelhető meg általában a kromoszférikusan aktív rendszereknél. A W UMa csillagok, fénygörbéjük alapján, igen aktív rendszerek, várható tehát a kromoszférikus emisszió megjelenése. A 6.16. ábra alapján ezért az aktivitásért a nagyobb tömegű főcsillag a felelős.

Emissziós M törpecsillagok

Az *emissziós vörös törpék* (dMe-csillagok) szintén erős felszíni és kromoszférikus aktivitást mutató csillagok. Egy érdekes esetet tüntet fel a 6.17. ábra, ahol egy dMe csillagokból álló vizuális kettős rendszer nagyfelbontású spektruma látható. A felső spektrum egy tipikus, széles emissziós görbét és egy annak tetejére rakódó abszorpciós vonalat mutat. Az abszorpciós vonal magáról a csillagról jön, míg a széles emissziós komponens a csillagot körülvevő anyagfelhőben keletkezik. Ez utóbbiban feltehetően nincs erőteljes kifelé áramlás, ezért nem P Cygni-profil jön létre, mint pl. a növőknél. Az alsó görbén két egymáshoz képest Doppler-eltolódott $H\alpha$ emissziós vonal figyelhető meg. A jelenség oka az lehet, hogy a vizuális kettős egyik komponense maga is szoros kettőscsillag, így összességében egy hármas rendszerrel van dolgunk.

Mint láttuk, a csillagok színeképének elemzése segítségével nagyon sok információhoz juthatunk (és itt csak néhányat tudunk bemutatni a mérési eredményekből és a módszerekből). Ugyanez érvényes akkor is, ha más égitesteket vizsgálunk. A Naprendszerben a bolygók, holdak, kisbolygók vagy üstökösök színeképe elárulja azok felszíni kémiai összetételét. Így sikerült például a bolygók és számos hold légkörének anyagát, hőmérsékletét, nyomását, sűrűségét meghatározni. A csillagközi felhőket alkotó atomok és molekulák is a spektroszkópia révén váltak ismertté. A galaxisok, kvazárok színeképe alapján pedig meghatározható vöröseltolódásuk, amiből — a Doppler-effektust feltételezve magyarázatként — a távolodási sebességükre, a *Hubble-törvény* szerint pedig a távolságukra következtethetünk. Több galaxis központjának spektruma gyors

san forgó anyagkorongra utal, melyből közvetve hatalmas fekete lyukak létét mutathatjuk ki. A színképelemzéstől a jövőben is sok izgalmas felismerés, eredmény várható.

Ajánlott irodalom

- [1] BARCZA SZABOLCS: Különleges elemgyakoriságú csillagok, *Csillagászati évkönyv* 1977, 161–176.
- [2] BARCZA SZABOLCS: A csillagászati fotometria kalibrálása effektív hőmérsékletre és felszíni nehézségi gyorsulásra, *Csillagászati évkönyv* 1982, 188–207.
- [3] HERRMANN, JOACHIM: *SH Atlasz, Csillagászat*, Springer, 1992
- [4] MARIK MIKLÓS (szerk.): *Csillagászat*, Akadémiai, 1989
- [5] MOORE, PATRICK–NICOLSON, IAN: *A világűr titkai*, Helikon, 1992
- [6] OLÁH KATALIN: Csillagfoltok — foltos csillagok, *Csillagászati évkönyv* 1993, 132–138.
- [7] SZABADOS LÁSZLÓ: Pulzáló változócsillagok, *Csillagászati évkönyv* 1977, 144–160.
- [8] SZABADOS LÁSZLÓ–ZSOLDOS ENDRE: A cefeidák asztrofizikai és kozmológiai jelentősége, *Csillagászati évkönyv* 1985, 220–241.
- [9] SZATMÁRY KÁROLY: Más csillagok bolygóinak felfedezése, *Csillagászati évkönyv* 1997, 160–168.

Bartha Lajos

A távcsővilág dinoszauruszai: az óriásrefraktorok

Nemrégiben múlt száz éve annak, hogy az Egyesült Államokban, a Geneva-tó mellett felavatták a világ legnagyobb lencsés távcsövét, az 1 m-nél nagyobb átmérőjű *Yerkes-refraktort*. Akkoriban úgy látszott, hogy ezzel egy évszázados verseny, a lencsés és a tükrös távcsövek vetélkedése dőlt el, az előbbieik javára. Ám rövidesen kitűnt, hogy a méteres átmérővel a lencsekészítés elérte lehetőségeinek határát, míg a 20. század elején fellendült a legnagyobb refraktorokat többszörösen felülmúló homorú tükrök készítése. Húsz évvel a Yerkes-távcső felszerelése után elkészült a két és félszer nagyobb nyílású *Wilson-hegyi refraktor*, majd kerekén fél évszázaddal később az 5 m-es *Hale-teleszkóp*. Napjainkra pedig a sokáig elérhetetlennek látszó tíz méteres átmérőig jutott a műszertechnika. Valójában a Yerkes Csillagvizsgáló távcsövének felavatásakor egy korszak zárult le: az óriás refraktorok fénykora.

A 19. században berendezett híres, nagy obszervatóriumokban még megcsodálhatjuk a ma is használatban levő, de legalábbis jól gondozott óriás refraktorokat. Bár a mai szemlélő számára kissé talán ódonnak tűnnek ezek a valóban impozáns műszerkolosszusok, az a tény, hogy a százévesnél idősebb lencsés távcsövek többsége ma is használható, mindenképpen jó minőségükre, optikai és műszaki kiválóságukra mutat. Ám jelenleg aligha akadna megrendelő, aki óriás lencsét készíttetne. A mamutrefraktorok előbb-utóbb múzeális érdekességgé válnak: tanúi és részesei voltak a csillagászat egy jelentős korszakának. Sok új eredménnyel járultak hozzá az asztronómia „klasszikus” ágainak (pozíciós csillagászat, égi mechanika) és új területeinek (stellárasztromónia, asztrofizika) fellendüléséhez. Történetük és fejlődésük jellemzi is a modern csillagászat kibontakozásának korszakát.

Lencse vagy tükör?

A refraktorok és reflektorok versengése a 18. sz. derekán indult meg. A távcső csillagászati alkalmazásának kezdetétől (1609) az 1700-as évek közepéig nem volt műszaki lehetőség, de voltaképpen túlságosan sürgető igény sem a

mai értelemben vett nagy objektívátmérőjű műszerek építésére. A megfigyelő csillagászok legfőbb célja ebben a korban az égitestek helyzetének egyre pontosabb meghatározása volt. A pozíciós csillagászat azonban ekkoriban finom és pontos szögbeosztású szögmérő köröket, illetve köríveket, továbbá szilárd, elmozdulás- és rezgésmentes műszaki szerelést igényelt. Az objektívlencsékkel szemben a legfőbb kíváncsi a torzításoktól mentes leképezés volt. Az akkoriban előállítható kb. 3–6 cm átmérőjű objektívlencsék az igények többségét kielégítették. Jellemző, hogy a távcsövek méretét a 19. sz. első harmadáig nem az objektívnyílással, hanem a gyújtótávolsággal jellemezték.

Ez természetesen nem jelentette azt, hogy az optikusok nem próbálkoztak egyre nagyobb méretű lencsék készítésével. Az objektívek átmérőjének növelését azonban nemcsak az üvegyártás nehézségei, hanem az a tapasztalat is korlátozta, hogy a mérettel együtt növekedtek a leképezési hibák: az egytagú lencse színi hibája és képtorzítása.

Számottevő haladást jelentett a 18. sz. második felében a két, különböző törésmutatójú üvegből készült, a *színi hibát kiküszöbölő (akromatikus)* objektívek ipari gyártásának lehetősége (JOHN DOLLOND és fia, PETER, 1758–61).¹ Az akromátok a színi hibát nem tudják teljesen kiküszöbölni, de jelentős csökkentésével pontosabbá váltak a szögmérések, módot nyújtottak a halványabb égitestek, a Hold és a bolygók finomabb részleteinek tanulmányozására.

Továbbra is nehézséget jelentett azonban a nagyobb méretű, optikailag megfelelő üvegtömbök előállítása. Az angliai üvegyárakban már sikerült aránylag nagyobb méretű, kis törésmutatójú koronaüveg-lemezeket önteni — ebből készül a kéttagú lencse kétszer domború (bikonvex) gyújtólencse tagja — a nagy törésmutatójú flintüvegből azonban csak kisebb tömböket tudtak hibamentesen önteni. Ezért a múlt század elejéig általában 3–4 hüvelyk, vagyis 7.5–10 cm volt a távcsőobjektívek legnagyobb mérete.

A csillagászok figyelme ezért a tükrös távcsövek felé fordult, különösen WILLIAM HERSCHEL és a német JOHANN HIERONYMUS SCHRÖTER feltűnést keltő eredményei nyomán. A 18. sz. derekán az angliai JAMES SHORT már piaci árusításra, sorozatban gyártotta a 15–20 cm átmérőjű tükrös teleszkópokat, megrendelésre pedig 45 cm-es homorú tükröt is készített. Schröter 51 cm-es, Herschel 45, 61, majd 122 cm nyílású tükrös távcsövei a kor „óriásai” voltak, segítségükkel sok érdekes, a csillagászatban új fejezetet nyitó

1. Az akromatikus távcsőobjektív alap gondolatát LEONHARD EULER közölte először 1750 körül, vele egyidejűleg SAMUEL KLINGENSTIERN uppsalai matematikus kísérleteket is végzett a kérdés megoldására. Megelőzte őket az angol CHESTER MOOR HALL, amatőr fizikus, aki 1733-ban két különböző üvegből készült prizmat csiszoltatott két londoni optikussal. A tényleges megoldás és a „nagyüzemi gyártás” azonban vitathatatlanul a Dollond-család érdeme.

észlelést végeztek.² A gyenge fényű, többnyire elmosódott ködök sokasága, a sok száz kettős- és többszörös csillag, a Hold és a bolygók felszínének finom részletei ezekkel a távcsövekkel váltak tanulmányozhatóvá; a halvány csillagok statisztikája vezette W. Herschelt először a Tejútrendszer reális képének megrajzolásához.

A homorú tükrök legnagyobb előnye az volt, hogy a színi hibát teljesen kiküszöbölték. Előállításuk jóval olcsóbb volt a lencsékénél, mivel az akromatikus optikák négy felületével szemben ezeknél csupán egyetlen optikai felületet kellett megmunkálni. Ezért a kisebb, 10–20 cm átmérőjű reflektorok, főként Angliában, hamarosan népszerűvé váltak. Nagy műszerek építésénél elvben a fém tükrök méretét csak az öntvény súlya (és szilárdsága), valamint a nagy felszín finom csiszolásának nehézsége korlátozta. (A múlt század közepéig a reflektortükrök speciális bronzöntvényből készültek, amelynek pontos összetételét a gyártó cégek gondosan titkolták.)

Hamarosan azonban megmutatkoztak a tükrös távcsövek hátrányai is. A leggondosabban fényezett fémfelület is csak a rá eső fény 60–80%-át veri vissza, az oxidáció pedig rövidebb-hosszabb idő alatt teljesen elhomályosítja a tükrözőfelületet. CHARLES MESSIER-nek – az első terjedelmesebb köd- és csillaghalmoz-katalógus összeállítójának – „kedvenc” 19 cm átmérőjű Gregory-rendszerű reflektora az utólagos számítások szerint csupán egy 9 cm nyílású lencse teljesítményét nyújtotta. Herschel 1.2 m-es mamuttávcsövet egyetlen éjszaka páralecsapódása használhatatlanná tette!

Ennél is nagyobb hátránynak tűnt az asztrometria fénykorában az, hogy a homorú tükrök – a geometriai optika törvényeiből következően – csupán a látótér közepén adnak torzításmentes, hibátlan képet. Már néhány ípercenyre a látómező központjától a leképezési hiba olyan nagymértékben megnő, hogy a pontos pozíciómérést bizonytalanná teszi. (Pl. az egy látómezőben lévő üstökös vagy kisbolygó csak korlátozott megbízhatósággal mérhető össze egy ismert helyzetű állócsillaggal.) Ez a tény is hozzájárult ahhoz, hogy a 18. sz. végének óriás reflektorait meglehetősen ormótlan, nehézkes, a pontos beállításra alkalmatlan állványokra szerelték.

A távcsövek mechanikai szerelése egyébként is egyre több problémát okozott a 18–19. sz. fordulóján. Az asztrometria hagyományos műszereinek: a *meridián-távcsöveknek*, valamint a függőleges és vízszintes (vertikális és horizontális) szögek mérésére alkalmazott *vertikális köröknek*, illetve *ismétlőköröknek* a műszerkészítők igyekeztek minél szilárdabb, rezgésmentesebb felállí-

2. Magyarországon KÉRY BORGIA FERENC (1702–1768) nagyszombati jezsuita fizikus az 1730-as évektől kísérletezett tükrőfém előállításával, és 10–20 cm-es, jó minőségű tükröket is készített. Tükrös távcsövei voltak az első műszerek a nagyszombati egyetem 1753-ban alapított csillagvizsgálójában, és néhány külföldre is eljutott.

tást adni. A finommechanikában akkor szinte egyeduralkodó angol műhelyek ezt a feladatot vaskos, sokszorosan túlméretezett tengelyekkel, a tengelyvégek, csapágycsukások többszörös alátámasztásával oldották meg. Világszerte az angol műszergyártás vezéregyenységének, JESSE RAMSDENNEK (1735–1800) a konstrukcióit tekintették példának. Ezek a távcsőmechanikák nehezek, kényelmetlenek voltak, de a stabilitás követelményének eleget tettek.

A 19. sz. elején azonban már egyre nagyobb szerepet kaptak az *ekvatoriális felállítású távcsövek*, amelyekkel egyetlen tengely – az óratengely – körül forgatva (illetve óraművel hajtva) a beállított égitest folyamatosan a látómezőben tartható. Az angliai műszerészek ezt többnyire úgy oldották meg, hogy a ferdén (a Föld tengelyével párhuzamosan) álló, az égi pólusra irányuló óratengelyt alul és felül is alátámasztották, és az így kialakított „angol szerelés” valóban igen stabilnak bizonyult. Ezzel szemben nemcsak sokszorta súlyosabb volt a szükségesnél, de nagy helyet foglalt el, kezelése pedig gyakran kényelmetlen volt.

Végeredményben az 1800-as évek elején, éppen az új kutatási programok jelentkezése idején a csillagászati műszeripar holtpontonra jutott. Elsősorban az angol optika és műszertechnika nem tudott megfelelni az új kívánalmaknak, amely ezidőtájt a nemzetközi piacot uralta. A helyzetet jól jellemzi G. B. AIRY ironikus megjegyzése, amelyet a Greenwichi Királyi Obszervatórium számára még Ramsden által megkezdett, és tanítványa, M. BLUNT irányításával elkészített, 10.7 cm nyílású Shucksbury-refraktorra tett: „A műszer kijavítása 100 fontba került, és amikor felszereltük, egy értelmetlen kis távcsőhöz jutottunk, gyenge szereléssel és olyan felállítással, amely rosszabb mindannál, amit egy csillagász valaha is elképzelhetett.” (A 7.1. ábrán látható távcsövet SIR GEORG SHUCKSBURY ajándékba készítette, ma a Science Museumban található.)

A 30 cm-es álomhatár

A csillagászati műszerkészítésnek ebben a válságos időszakában lépett a színre a müncheni *Matematikai-mechanikai Intézet* (*Mathematisch-Mechanisches Institut*), amely rövid idő alatt új irányt adott a távcsőgyártásnak. Ez a gyors siker négy embernek volt köszönhető, akik korábban nem is foglalkoztak csillagászati eszközökkel: a svájci-francia PIERRE LOUIS GUINAND (1748–1824) egykori műbútorasztalosnak, aki megoldotta az aránylag nagyobb méretű, jó minőségű optikai üvegtömbök öntését; GEORG VON REICHENBACH (1772–1826) tűzértisztnek, a pontos fokbeosztású körök és a korszerű távcsőmechanikák készítőjének; JOSEPH FRAUNHOFERNEK (1787–

1826), aki nyomorgó optikus inasból lett az elméleti és gyakorlati optika láng-eszű szakértője; és JOSEPH VON UTZSCHNEIDER (1763–1840) bajor sóvámhivatali titkos tanácsosnak, a kitűnő szervezőnek, bőkezű támogatónak és jó érzékű üzletembernek.



7.1. ábra. A 18. századi távcsőépítés csődje: a greenwichi Shucksburg-refraktor (1799–1811) aránylag kis objektívátmérője (10.7 cm) ellenére nehéz, kényelmetlen, nagy területet foglal el. Az ábrán jól látható a jellegzetes angol szerelés hosszú, alsó és felső végén alátámasztott óratengelye

A Matematikai-mechanikai Intézet abból a kis műhelyből nőtt ki, amelyet 1802-ben Reichenbach és JOSEPH LIEBHERR (1767–1840) órásmester alapított Münchenben, főként földmérő, térképező műszerek gyártására. A vagyonos Utzschneider hamarosan felismerte a precíziós műszergyártásban rejlő üz-

leti hasznát, és anyagi lehetőségeivel, kapcsolataival és befolyásával egyaránt támogatta a vállalkozást. Ugyancsak Utzschneider figyelt fel arra a beadványra, amelyet Guinand terjesztett a bajor Tudományos Akadémia elé 1804-ben, a nagyméretű, tiszta üvegtömbök öntésére vonatkozó kísérleteiről. A következő évben (1805) a München melletti elhagyott bencés kolostorban üveghutát rendezett be a kísérletek folytatására. Itt kezdte gyakorlati tevékenységét a sokoldalú Fraunhofer 1807-ben.

A probléma az volt, hogy miként lehet egyöntetű, buborékoktól és szennyezéstől mentes, tiszta anyagú, nagy törésmutatójú flintüveget készíteni. Ha az ólom-oxid tartalmú keveréket csupán olvadásig hevítették, a benne foglalt légbuborékok nem hagyták el az olvadékot, a kihűlt anyag gázzárványokkal teli, szinte átlátszatlan maradt. Amennyiben a masszát magas hőmérsékletre hevítették, a buborékok elhagyták az üveget, viszont a nehezebb fajsúlyú összetevők az olvasztótégely aljára szálltak, és a kiöntött tömb sűrűsége egyenetlenné vált. Keverésre a szokásos kerámia rudakkal nem volt mód, azok törékenysége miatt.

Guinand évtizedes munkával sorra megoldotta a feladatokat. Emellett elérte, hogy (bizonyos határok között) tetszőleges törésmutatójú optikai üvegeket készítsen. A benediktbeuerni üvegyár eredményei tették lehetővé Fraunhofernek, hogy a múlt század elején még vágyálomnak számító, 20 cm-nél nagyobb lencsákat csiszoljon. Fraunhofer és Reichenbach számára az „álmohatár” már 30 cm volt!

Joseph Fraunhofer eredményei közül itt csak jelzésszerűen említünk néhányat: az akromatikus lencsék két tagjának optikai szerkesztését az eddigi, tapasztalatokra alapozott próbálkozások helyett elméleti alapokra helyezte; pontos módszert dolgozott ki az üvegtömbök törésmutatójának meghatározására; precíz polírozógépet szerkesztett a megcsiszolt lencsék felületének fényezésére; a felületek görbületének ellenőrzésére elsőként használt próbatestet. Guinand üveghutáinak és Fraunhofer optikai munkásságának köszönhetően hamarosan nagy sorozatokban sikerült előbb 4.9 cm átmérőjű, majd 1825-től már 11.7 cm-es (1.95 m gyújtótávolságú), jó minőségű optikákat előállítani, amelyek felülmúlták a „Dollond-lencsékét”, de mégis olcsóbbak voltak. Egyedi példányokként már 1815 körül is jó minőségű 12–15 cm-es objektívlencsékét készítettek.

A müncheni Utzschneider, Reichenbach és Liebherr Matematikai-mechanikai Intézetének hírnevén nagyot lendített, hogy a Pest-budai Királyi Egyetem 1813–15 közt felépült gellérthegy csillagvizsgálója (az „*Uranix*”) számára innen rendelték meg a műszereket. Ezt maga Utzschneider hangsúlyozta a Fraunhofer halálakor tartott emlékbeszédében: „Az újjáépített benediktbeuerni üveghutából Fraunhofer úr kiszámolta és megcsiszolta az első nagyobb műszerobjektíveket, amelyeket a budai csillagvizsgálónak rendeltek meg.”

Az említett műszerek objektívlencségei 10.5–11.7 cm átmérőjűek voltak. De ekkoriban a müncheni cég már nagyobb objektíveket is készített. A gellérthegy-i csillagvizsgáló asszisztense, KMETH DÁNIEL büszkén jegyezte fel, hogy az új intézet legnagyobb refraktora: „8 láb hosszúságú cső, nem színező, 's eddig ritka nagyságú, úgymint 6 hüvelyk tárgy üvegű”. Az említett 6 hüvelykes, ritka nagyság 16.2 cm-es átmérőt jelent (gyújtótávolsága 260 cm) – ez volt az 1810-es évek végén az „óriás lencse” mérete.

A műszerek tetszést arattak a szakmai körökben, és rövidesen hasonló eszközöket rendelt meg az altonai, dorpati (ma: Tartu), gothai, göttingeni, königsbergi és varsói intézet is. Ugyanekkoriban készítette el Fraunhofer a híressé vált *heliométer-objektív* első példányait. Az átmérője mentén kettévágott lencse két fele egymáshoz viszonyítva mérhetően elcsúszthatató, és ezúton igen kis szögtávolságok pontos mérését teszi lehetővé. (Egyébként ennek a műsbertípusnak az első megvalósítása is John Dollondtól származik.) A Fraunhofer-heliométer „ős-példánya” ugyancsak a budai egyetemi obszervatórium számára készült, a kettévágott teljes objektív átmérője 7.8 cm. (Ma az Országos Műszaki Múzeumban.) Az eredményes kísérletek alapján Fraunhofer 1824–25-ben készítette el a königsbergi „nagy heliométer” 16 cm átmérőjű objektívját, a műszer azonban csak halála után, 1829-ben került felállításra.

FRIEDRICH WILHELM BESSEL (1784–1846) 1816-ban rendelt egy ilyen műsbert Münchenből, amellyel aztán először sikerült csillagtávolságot – pontosabban csillagparallaxist – meghatározni 1837–38-ban: a 61 Cygni parallaxis-szögére $0''.34$ -et kapott. Ez a heliométer két félobjektívjének 0.045 mm-es elcsúsztatását jelentette, ami akkoriban a precíziós mérés csúcsa volt.

A kiváló minőségű Fraunhofer-műszerek arra készítették a dorpati egyetemi obszervatórium fiatal munkatársát, FRIEDRICH WILHELM GEORG STRUWÉT (1793–1864), hogy egy minden addiginál nagyobb, kb. 10 hüvelyk (26 cm) nyílású refraktort rendeljen Münchenből. Az akkoriban „dorpati monstrumnak” elnevezett távcső öt évig készült: több sikertelen üvegöntési kísérlet után Fraunhofer egy 24.4 cm átmérőjű, 434 cm gyújtótávolságú objektívet csiszolt meg. Tervei szerint készült a távcső állványa és tengelyrendszere.

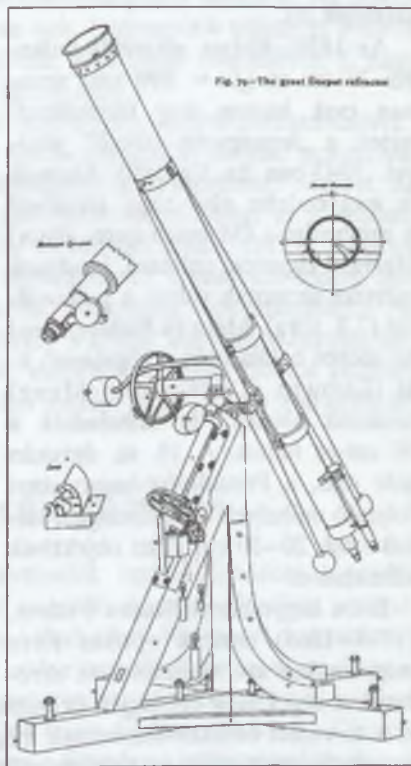
1824 telén 21 ládában indították Dorpatba a „monstrum” alkatrészeit, amelybe „900 font bronz, 400 font vas és acél, valamint 250 font ólom van bele építve” – írta Fraunhofer (1 font = 0.56 kg). A műszer csőve fából készült, mahagónival burkolva, állványa három (voltaképpen négy) alul szétágazó keményfa oszlop. Az egyik oszlop ferdén az égi pólus felé irányul (az adott földrajzi szélességen), erre van felcsavarozva a tengely- és csapágyrendszer bronz alapja. Maga az óratengely meglehetősen hosszú – a stabilitás érdekében –, alsó vége egy csúcsban végződő állító csavar hegyére támaszkodik, felül három görgő nyomja felfelé. Ez a „müncheni német szerelés” annyira tetszett a

kortársaknak, hogy évtizedeken át világszerte utánózták. Újdonság volt, hogy az óratengely forgatására óraszerkezetet alkalmaztak, amit az ilyen súlyos műszereknél akkoriban mások lehetetlennek tartottak. Az egész műszer nemcsak elegánsabb, „modernebb” formájú volt, mint a régi stílusú szerelések, de súlya is kisebb lett azoknál (7.2. ábra).

A dorpati monstrum volt Fraunhofer utolsó nagyobb műszere: 1826. június 7-én tüdőgyulladásban hunyt el, röviddel barátja, Reichenbach kapitány halála (1826. május 21.) után. A remélt 30 centis „álomhatárt” nem érték el, de megteremtették a modern csillagászati optika és műszertechnika alapjait. Eszközeik szinte lesöpörték a nemzetközi piacról a nehezkesebb angol gyártmányokat, és évtizedekre megalapozták a német optikai-finommechanikai ipar hírnevét.

A vágyott 30 cm-es objektívátmérőt Fraunhofer egyik legjobb tanítványa, GEORG MERZ (1793–1867) érte el, aki átvette cégtársával, FRANZ JOSEPH MAHLERTEL (1795–1845) a müncheni műhelyt. Ezzel együtt a korábbi, még befejezetlen megrendeléseket is vállalták, többek között a München melletti Bogenhausenben felépített Akadémiai Obszervatórium 12 hüvelykesre tervezett (31 cm) távcsővének elkészítését is. Sok próbálkozás után 1835-ben készült el a távcső, amelynek átmérője csupán 28.5 cm lett, de olyan kiválóan bizonyult, hogy (modern állványra szerelve) 1963-ig használatban volt – és voltaképpen ma is használható állapotban van!

Ugyanekkor készült el a berlini Akadémia 24.4 cm-es ($f = 432$ cm) refraktora is, amellyel J. G. GALLE és H. L. D'ARREST 1846-ban megtalálta a *Nep-tunusz bolygót*. Ilyen előzmények után Merz és Mahler már bele mert vágni egy



7.2. ábra. A távcsőtechnika forradalma után: a „dorpati monstrum” objektívja több mint kétszer nagyobb átmérőjű, mint a Shucksburg-féle műszeré, súlya és helyigénye azonban csak fele annak.

Jól látható a Fraunhofer- és Reichenbach-féle hosszú óratengelyű „müncheni német szerelés” (1824)

14 hüvelykes, (38 cm) átmérőjű objektív készítésébe, amelyet Wilhelm Struwe rendelt meg az épülő pulkovói Központi Császári Obszervatórium számára.³ Struwét éppen a dorpai monstrummal elért eredményei alapján bízta meg a cár a Szentpétervár melletti nagy obszervatórium szervezésével, lelkére kötve, hogy az Orosz Birodalom főcsillagvizsgálóját a világ legnagyobb refraktorával szereljék fel.

Az 1839–40-ben elkészült pulkovói 38 cm-es ($f = 690$ cm) azonban csak három évig büszkélkedhetett a „legnagyobb távcső” jelzővel. 1843-ban az Egyesült Államok is megrendelte első nagy távcsövet a cambridge-i (Massachusetts állam) Harvard Egyetem számára, amelynek méretei azonosak voltak a pulkovói-val (7.3. ábra). Merz és Mahler, majd az utóbbi halála után a cégalapító fiái (LUDWIG és SIEGMUND MERZ) nemcsak elérték, de túlhaladták a 30 cm-es határt. A 19. sz. derekán már más, a Fraunhofer-hagyományt folytató műhelyek is biztonsággal vállalkoztak 20–30 cm közti objektívek készítésére.

Ezt a hagyományt SIMON PLÖSSL (1794–1868) osztrák optikus törte meg, amikor szétválasztotta az akromatikus objektívek két tagját, és csupán a koronaüveg gyűjtőlencsét készítette el a tervezett objektív-átmérőnek megfelelő méretben. A flintüveg korrekciós szórólencsét jóval az objektív mögé, kb. a gyűjtőtávolsága fele táján helyezte el. Mivel az objektívből kiinduló sugárkúp átmérője ott már mintegy fele a tárgylencse átmérőjének, a nagy törésmutatójú korrekciós szórólencse is sokkal kisebb méretű lehet. Ezzel a megoldással a nagyobb méretű flintüveg előállításának nehézségei kikerülhetők, a fókusznyújtás révén pedig aránylag hosszú gyűjtőtávolságú optika szerelhető rövidebb csőbe. (Magát az elvet J. J. LITTROW osztrák és A. ROGERS angol csillagász vetette fel, gyakorlatilag



7.3. ábra. A Harvard Egyetem 38 cm-es távcsöve, Cambridge, USA

3. A történeti és időrendi igazságnak tartozunk azzal, hogy megállapítjuk: az első 35 cm-es lencsét a francia ROBERT-AGLACE CHAUCHOIX készítette 1834-ben (Markree, Írország, E. COOPER magáncsillagdája) és 1835-ben (Cambridge-i Egyetem). A műszerek nem váltották be a hozzájuk fűzött reményeket.

azonban Plössl oldotta meg.) A Plössl-cég sorozatban állította elő az *dialyt-távcsöveket*, 8–10 cm-es objektívlencsével, amelyekhez 5–6 cm-es korrekciós tagok tartoztak.

Simon Plössl 1846-ban két 19 cm-es dialytot is készített, az egyiket az athéni, a másikat NAGY KÁROLY bicskei csillagvizsgálója számára.⁴ Az utóbbi még 1960 körül is használható állapotban volt. Legnagyobb műszerét a török szultán megrendelésére 1850-ben készítette, 27.6 cm-es főlencsével. E nagy műszerek korrekciós tagjai túlkorrigált akromátok.

A múlt század első felében készült 20–40 cm közti méretű „óriástávcsövek” többnyire beváltották a hozzájuk fűzött várakozásokat. A dorpati monstrummal Wilhelm Struwe csillagparallaxis (csillagtávolság) méréseket végzett, de főleg a csillagpárok katalogizálásában játszott fontos szerepet ez a műszer. Ezt a mérési sorozatot Struwe, majd fia és hivatali utóda, OTTO STRUVE a pulkovói nagy távcsővel folytatta és egészítette ki. Ugyancsak fontos volt a nagy távcsövekkel végzett mérési sorozat a csillagok sajátmozgásáról. Az athéni dialyttal készítette J. H. J. SCHMIDT a sokáig legrészletesebbnek tartott holdtérképét. A halvány üstökösök, majd a kisbolygók pontos pozíciómeghatározásában pedig felbecsülhetetlen szerep jutott a nagy refraktoroknak.

Túl a hatvan centiméteren

A múlt század derekán az előző évtizedek optikai fejlődése egy időre megtorpant. Az Európa-szerte egyre nagyobb számban létesített optikai-finommechanikai műhelyek egyike sem vállalkozott 40 cm-nél nagyobb átmérőjű objektívlencsék készítésére. Az ekkoriban vitathatatlanul az élvonalat képviselő Merz-cég örököse, a műszertechnikai érdemeiért bajor lovaggá ütött SIEGMUND MERZ (1824–1908) 1860-ban a Greenwichi Királyi Observatórium számára egy 33 cm-es, 1861-ben a lisszaboni csillagvizsgálónak egy 38 cm-es kitűnő objektívet szállított, de ezeknél nagyobb lencsákat csak egy évtized múlva gyártott. A Merz-műhely főleg a kisebb (6–8–10 cm-es) iskolai és amatőr műszerek, valamint a 20–30 cm-es refraktorok készítésével vált világhíressé. (Az 1871 után alapított magyarországi csillagvizsgálók távcsőoptikáit szinte kivétel nélkül S. Merz készítette, aki baráti kapcsolatban állt KONKOLY THEGE MIKLÓSSAL⁵.)

4. Nagy Károlyt személyes barátság fűzte Plössl-hez, akinek műszereit ő propagálta, még az Egyesült Államokban is. Talán ez készítette a bécsi optikust, hogy egyik legnagyobb távcsövet, amely akkor méretben a világ 12. műszere volt, előállításí áron adja el a bicskei csillagvizsgálónak.

5. Konkoly és Sigmund Merz személyes barátságának köszönhető, hogy amikor utób-

Jelentős fejlődés csak a távcsövek mechanikájában tapasztalható ebben az időben. A 19. sz. elején alapított hamburgi Repsold-műhely örökösei, GEORG (1804–1881) és ADOLF (1806–1871) REPSOLD szakított az addig példaképnek tekintett Fraunhofer-féle szereléssel, és aránylag rövid, vaskos, kissé kúp alakú, a csapághüvelybe teljes hosszában beleilleszkedő óratengelyeket alkalmazott, tehermentesítő görgők alátámasztása mellett. Jelentősen javítottak a távcsövek finombeállítási rendszerein is, és az addigi fa- vagy kőoszlopok helyett a tengelyrendszert hengerelt vagy öntött vasoszlopra szerelték.

Inkább műszaki, mint optikai újításával tűnt ki a francia MARC SÉCRETEN (?–1867), aki – már csak a nemzeti önérték megóvásáért is – hosszabb próbálkozás után elkészítette 1858-ban a párizsi Nemzeti Obszervatórium 31.6 cm-es refraktorát; Itáliában IGNACIO PORRO (1801–1875) mérnök, az Egyesült Királyságban a dublini THOMAS GRUBB (1800–1878) korszerűsítette a távcsőtechnikát.

A csillagászati kutatások azonban a múlt század közepétől mind nagyobb távcsöveket igényeltek. Az egyre nagyobb számban felfedezett halvány kisbolygók, a gyenge fényű üstökösök pontos helyzetmeghatározása (és e célból a precíz, fundamentális csillagkatalógusok kiterjesztése a gyengébb fényű csillagokra), a csillaghalmazok és ködök ekkoriban meginduló vizsgálata mellett az 1860-as években kialakuló fizikai csillagászat (asztrofizika) a fénygyűjtő képesség fokozását, vagyis az objektívek növelését követelte.

Az első lépést ismét a tükrös távcsövek építői tették meg. WILLIAM PARSONS, Rosse grófja (Earl of Rosse, 1800–1867), aki közéleti szerepe mellett nagy vagyona révén kedvére kísérletezhetett a fémtükrök készítésével, előbb egy 3 láb (91 cm), majd 1842-ben egy 6 láb (182 cm) nyílású, 17 m fókusztávolságú óriástávcsövet állított fel birtokán, az írországi Birr Castle parkjában. A „Leviathannak” nevezett műszerkolosszus háromnegyed évszázadon át a világ legnagyobb tükrös távcsöve volt. Ezzel a műszerrel állapították meg először, hogy a halvány „ködfolatok” egy része spirális szerkezetű. Lord Rosse tanulmányait követően azután már számos jóval kisebb (20–30 cm-es) refraktorral is megpillantották a spirális struktúrákat. Rosse-t követően WILLIAM LASSEL (1799–1880), a gazdag liverpooli sörfőző vált híressé 4 láb (122 cm) átmérőjű tükreivel.

A reflektorok igazi sikerét azonban az üveg alapanyagú tükrök megjelenése jelentette 1857-ben. Az üveg mint alapanyag sokkal alkalmasabbnak tűnt a fémötvözeteknél, csupán az volt a kérdés, hogyan lehet a homorúra megmunkált üvegfelületre jó visszaverő-képességű fémréteget vonni. Ezt a problémát

bi felszámolta a müncheni gyárat, emlékül Fraunhofer egyik prizmáját ajándékozta a Magyar Csillagászati és Meteorológiai Múzeumnak, amelyet a nagy német optikus 1814-ben először használt csillagszínkép-észlelésre. (Ma a Műszaki Múzeumban.)

a híres vegyész, JUSTUS LIEBIG oldotta meg, amikor feltalálta az ezüst kicsapatásának módszerét. A Liebig-féle ezüstözést felhasználva Franciaországban LEON B. J. FOUCAULT (1819–1868), Németországban CARL AUGUST VON STEINHEIL (1801–1870) 1856–57-ben már jó minőségű, ezüstbevonatú üveg-tükröket állított elő.

A frissen ezüstözött tükör a szemmel érzékelhető fény tartományában a rá eső sugaraknak mintegy 95%-át veri vissza, fényvesztése kisebb a kéttagú lencsékénél. Foucault kidolgozta a homorú felület alakjának pontos ellenőrzési módszerét, ezzel sokat javított a leképezés minőségén. Ám éppen a kiküszöbölhetetlen leképezési hibák következtében a múlt század tükrös távcsövei mégsem voltak teljes értékű versenytársai a lencséknek. A legtökéletesebb paraboloid felületű tükör is a látótér központjától távolodva egyre nagyobb torzítást, kómahibát mutat. A jó képet adó központi terület annál kisebb, minél fényerősebb a tükör (vagyis minél kisebb az átmérő és a gyújtótávolság arányszáma). Egy $F = 1 : 6$ fényerejű tükrőnél (ahol a fókusztávolság az átmérő hatszorosa) a „hibamentes képmező” átmérője elméletileg $6'$, de $F = 1 : 3$ fényerőnél már csak $3'$ lesz. A valóságban a helyzet még rosszabb. J. M. SCHAEFERLE amerikai csillagász a múlt század végén számos nagy távcsőtükröt vizsgált meg e szempontból. Az általa megállapított kihasználható látótér — amelyen belül pl. megbízható mikrométeres méréseket lehet végezni — néhány korabeli híres tükrőre a 7.1. táblázatban található.

Ha ehhez hozzáfűzzük, hogy a Jupiter látszó szögátmérője közepes távolságnál kb. $40''$, és számos csillagpár tagjainak távolsága nagyobb $10''$ -nél, értéketővé válik a pozíciós csillagászat művelőinek tartózkodása a reflektoroktól.⁶

Nem növelte a tükrös távcsövek megbecsülését a 120 cm-es párizsi és a 122 cm-es melbourne-i óriás reflektorok kudarca sem. Az előbbi gyenge optikai minősége, az utóbbit rossz műszaki szerelése tette hírhedtté szakmai körökben. A távcsőépítők figyelme ezért ismét a lencsék felé fordult.

Meglepő, de a nagyméretű lencsék üveganyagának előállítására ismét csak Guinand tevékenységéig nyúlik vissza. Pierre Louis Guinand, akinek együttműködése Fraunhoferrel sohasem volt felhőtlen, már 1814-ben kilépett a müncheni cégből, és a nála negyven évvel fiatalabb, energikus feleségével, majd fiaival, AIMÉVEL (1774–1847) és HENRIVAL (1771–1851) konkurens vállalkozókat keresett. Halála után özvegye a párizsi DAQUET-val, míg Henri sógorával, CH. FEIL-el alapított üveggyártó vállalkozást. Henri Guinand másik társa, BONTEMPS a párizsi forradalom (1848) idején Angliába menekült,

6. A kómahiba kijávítása a múlt század vége óta foglalkoztatta az optikusokat. A leképezés javítására korrigáló lencserendszereket helyeztek a sugármenetbe. A problémát végül a német BERNHARD SCHMIDT, a finn YRJÖ VÄISÄLÄ és az orosz DIMITRIJ D. MAKSZUTOV oldotta meg a főtükör elé helyezett korrekciós lemezzel.

és ott a CHANCE-testvérekkel együtt kísérletezett tovább a nagyméretű, tiszta optikai üvegek előállításán. Ily módon a koronaüveg mellett az angol és francia üveghuták már nagyobb flintüveg tömböket is készítettek. A jó optikai üveg német egyeduralma a 19. sz. derekán már megszűnt. Az 1851. évi londoni Világkiállástól kezdve egyre több üvegyáros mutatott be nagyméretű optikai üvegmintákat.

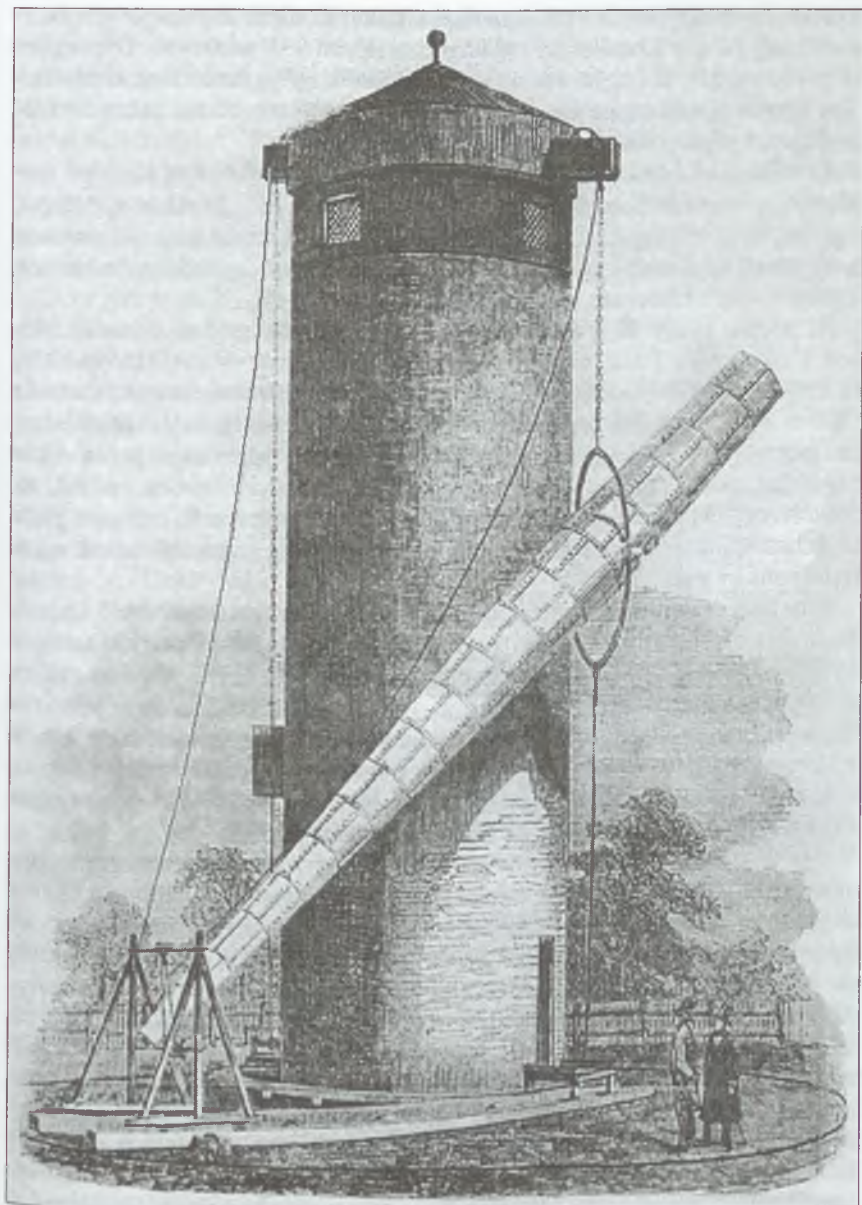
7.1. táblázat. A 19. század legnagyobb tükrös távcsövei és kihasználható látómezejük. D az átmérő, f a gyújtótávolság, F a fényerő és r a jó képet adó terület sugara

Gyártó vagy tulajdonos	anyag	D cm	f m	F	r '
Rosse, Írország	fém	181.8	16.66	1:9	15
Common, Anglia	üveg	151.5	8.18	1:5	7
Lassel, Anglia	fém	121.2	11.21	1:9	22
Grubb, Melbourne	fém	121.2	8.48	1:7	13
Gautier, Franciaország	üveg	118.2	7.09	1:6	9
Lick Observatórium, USA	üveg	90.9	5.24	1:6	9
Draper, USA	üveg	72.2	3.94	1:5	8
Lassel, Anglia	fém	60.6	6.06	1:10	25
Roberts, Anglia	üveg	51.5	2.48	1:5	6
Common, Anglia	üveg	51.5	1.12	1:2	1

A nagy lencsék előállításához azonban olyan személyiség is kellett, aki (a kellő műszaki ismeret és adottságok mellett) szinte megszállottja e kérdésnek. Ilyen ember volt az angol THOMAS COOKE (1807–1868), egy falusi varga fia, aki szívós önképzéssel sajátította el a matematikai, csillagászati és műszaki ismereteket. Cooke szerencséjére már az első optikáira felfigyelt a York Museum vezetője, majd az asztrofizika egyik úttörője, SIR NORMAN LOCKYER. Pártfogói segítségével kapott hivatalos (és vagyonos amatőröktől származó) megrendeléseket, ezek révén pedig híre gyorsan növekedett. A céget azután fiai, CHARLES FREDERICK és THOMAS fejlesztették nagygyá.

Ekkoriban lépett a nyilvánosság elé a távcsőoptika utolsó romantikus egyénisége, az Egyesült Államok óriásrefraktorainak készítője: ALVAN CLARK (1804–1887), majd fiai, GEORGE BASSET CLARK, főként pedig ALVAN GRAHAM CLARK (1832–1897). Alvan Clark hivatásos arcképfestő volt. A hagyomány szerint egy alkalommal módja nyílt az égbolt nézegetésére a 38 cm-es (Merz-féle) Harvard-refraktorral. Ekkor határozta el, hogy maga is megpróbálkozik lencsék készítésével.

Alvan Clark már kitűnő 14–20 cm-es lencsákat készített, csupán tapasztala-



7.4. ábra. Egy korán érkezett óriás, John Craig 61 cm-es refraktorának objektívjét 1852-ben az akkori optikai gépekkel még nem tudták pontosan elkészíteni

ti eredményei alapján, de sem Amerikában, sem Európában nem tudtak munkásságáról. Végül is az éles szemű angol amatőrhez, WILLIAM R. DAWEShez írt levele alapján az angliai csillagászok „fedezték fel” műszereinek kiváló optikai tulajdonságait. A Királyi Csillagászati Egyesület meghívása után már szülőföldjén is elismerték tevékenységét (1859).

Az idősebb és ifjabb Alvan Clark jóformán alig alkalmazott elméleti számításokat lencséik csiszolásánál! Amint azt egyikük idős korában elmondta, a gyűjtő és szóró tagok görbületének hozzátétőleges kialakítása után óvatos polírozással és állandóan ismételt optikai próbákkal addig alakítják a lencsék felületét, míg a leképezés a legjobbra válik.

Az angliai cégek és a Clark-műhely mellett a múlt század második felében FERDINAND PAUL GAUTIER és a HENRY-fivérek: PAUL (1848–1905) és PROSPÉRE (1849–1903) is egyre jelentősebb eredményeket értek el. Az 1860-as évek végén már meg volt az igény a „hatvan centis határ” átlépésére, az üvegyártás és a lencsecsiszolás megteremtette a lehetőségeket, és e kor gazdasági, politikai légkörében a nagyszabású obszervatóriumok építése, az óriás távcsövek felszerelése — a ragyogó világkiállítások rendezéséhez vagy az óriás hadihajók vízrebocsátásához hasonlóan — a világ nagyhatalmainak egyik reprezentatív jelképévé vált.

A hatvan centiméteres határt azonban először a tudománykedvelő CRAIG tiszteletes 61 cm átmérőjű, 17,6 m gyújtótávolságú lencséje lépte túl, amelyet 1852-ben THOMAS SLATER angol optikus csiszolt (7.4. ábra). A műszer teljes kudarcot jelentett: az objektív gyenge optikai minőségét csupán a felszerelés ügyetlen megoldása múlta felül. Az optikai próbákból kitűnt, hogy ennek a monstrumnak a teljesítőképessége egy 10–12 cm-es lencséével egyenlő, de csak ha lefedik az objektív középső részét. Néhány évig mint idegenforgalmi látványosságot mutogatták, majd végleg a lomtárba került.

Úgy látszik, ez a szerencsétlen próbálkozás egy időre kedvét szegte az optikusoknak. Majdnem másfél évtized telt el, míg az idősebb Thomas Cooke elkészítette az első jó minőségű 60 cm-en felüli műszert. A megrendelő ismét egy magánember, a kötélgyártásból meggazdagodott R. S. NEWALL volt, aki 1862-ben megvásárolta a CHANCE-testvérek üvegyárának 25 hüvelykes (63,5 cm) kitűnő flint- és koronaüveg párját. A csiszolással Cooke-ot, a szereléssel Grubbot bízta meg. Az idős Cooke öt évig dolgozott az akkori idők legnagyobb lencséjén — a Grubbal való osztozás és Newall állandó ellenőrzése is elkedvetlenítette —, a teljes műszer elkészültét nem érte meg. Kitűnő optikájával azonban elsőként múlta felül az addig elérhetetlennek tartott 60 cm-es határt. (Ezt a távcsövet Newall fia 1890-ben a Cambridge-i Egyetem csillagvizsgálójának ajándékozta, ahol sok hasznos asztrofizikai mérés főműszerévé vált; innen az 1950-es években az athéni Nemzeti Obszervatóriumba került, és jelenleg is használható állapotban van.)

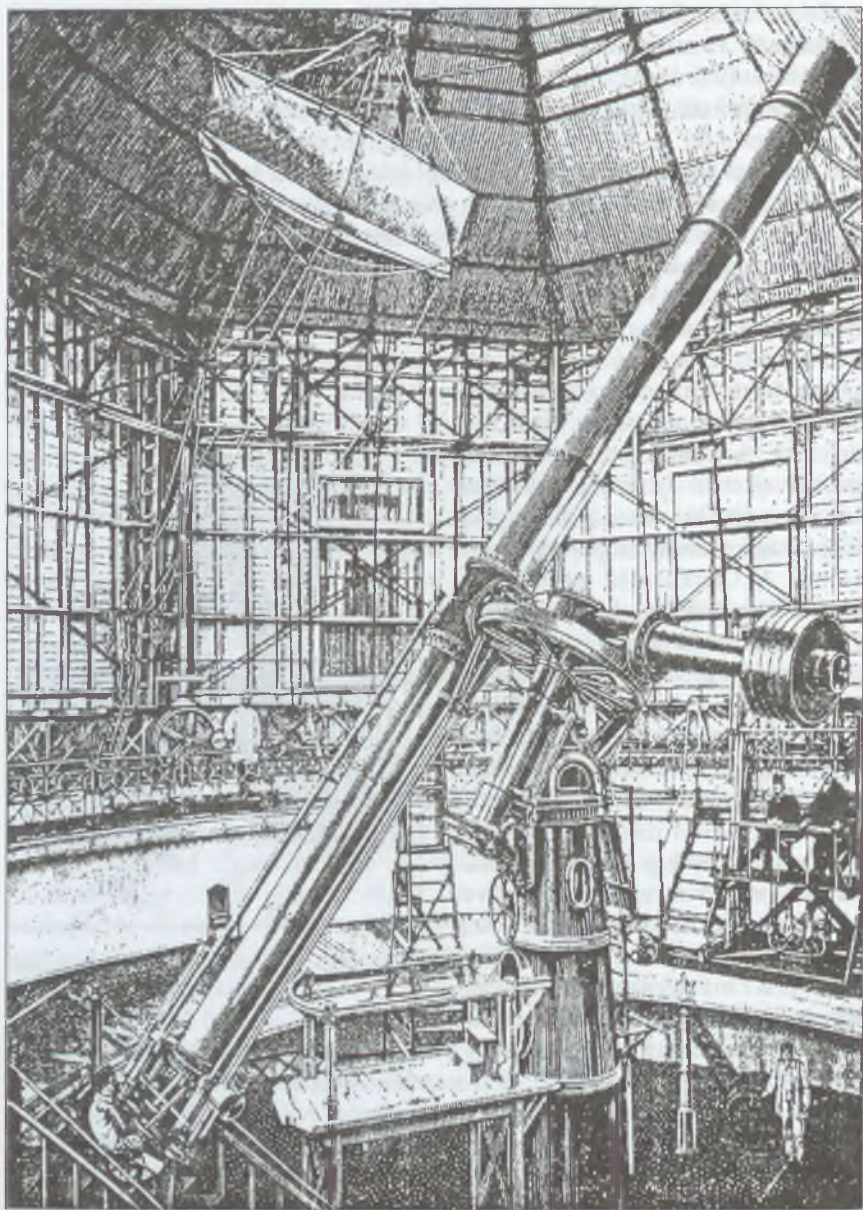
Cooke rekordját szinte azonnal megdöntötte az idősebb Clark: 1871-ben elkészítette a washingtoni Tengerészeti Observatórium 66 cm-es ($f = 9.9$ m) refraktorát (7.5. ábra), majd három év múlva a charlottesville-i egyetem ugyanakkora műszerét. A washingtoni műszert széles körben nevezetessé tette, hogy ezzel fedezte fel A. HALL 1877-ben a Mars két holdját. A Clark-féle távcsövek számára egyébként is nagy reklámot jelentettek a látványos felfedezések. Így pl. egyik 46 cm-es lencséjének optikai próbája során fedezte fel 1862-ben az ifjabb Clark a Sirius fehér törpe kísérőjét (*Sirius B*), amelynek létezését a csillag mozgásának rendellenességéből Bessel már régebben feltételezte.

Az egyre több 45–60 cm közti refraktor arra készítette a cári kultuskormányzatot, hogy a pulkovói obszervatórium hírneve érdekében egy, az addigiaknál nagyobb lencsét rendeljenek. A francia gyártmányú üvegekből sikerült is a két Clarknak 1885-ben egy 76 cm-es, 14.06 m gyújtótávolságú óriás távcsőobjektívet csiszolni. A Clark-család nem foglalkozott távcsőmechanikák építésével, ezért a pulkovói műszer szerelését a hamburgi Repsold cég végezte (7.6. ábra). (Ez a műszer a második világháború során elpusztult, helyette a jénai Carl Zeiss-művek jóvátételként egy 65 cm-es refraktort készített.) A pulkovói óriás dicsősége azonban csak egy esztendeig tartott. RAPHAEL BISCHOFFSHEIN francia bankvezér költségén 1886-ban felállították a nizzai obszervatórium 76 cm nyílású ($f = 15.81$ m) refraktorát. A Henry-testvérek lencséjét Gautier szerelte, kissé túlhaladott műszaki elvek alapján. Az átépített, elektronikus berendezésekkel ellátott távcső azonban ma is a kettőscsillag-észlelések egyik főműszere (7.7. ábra).

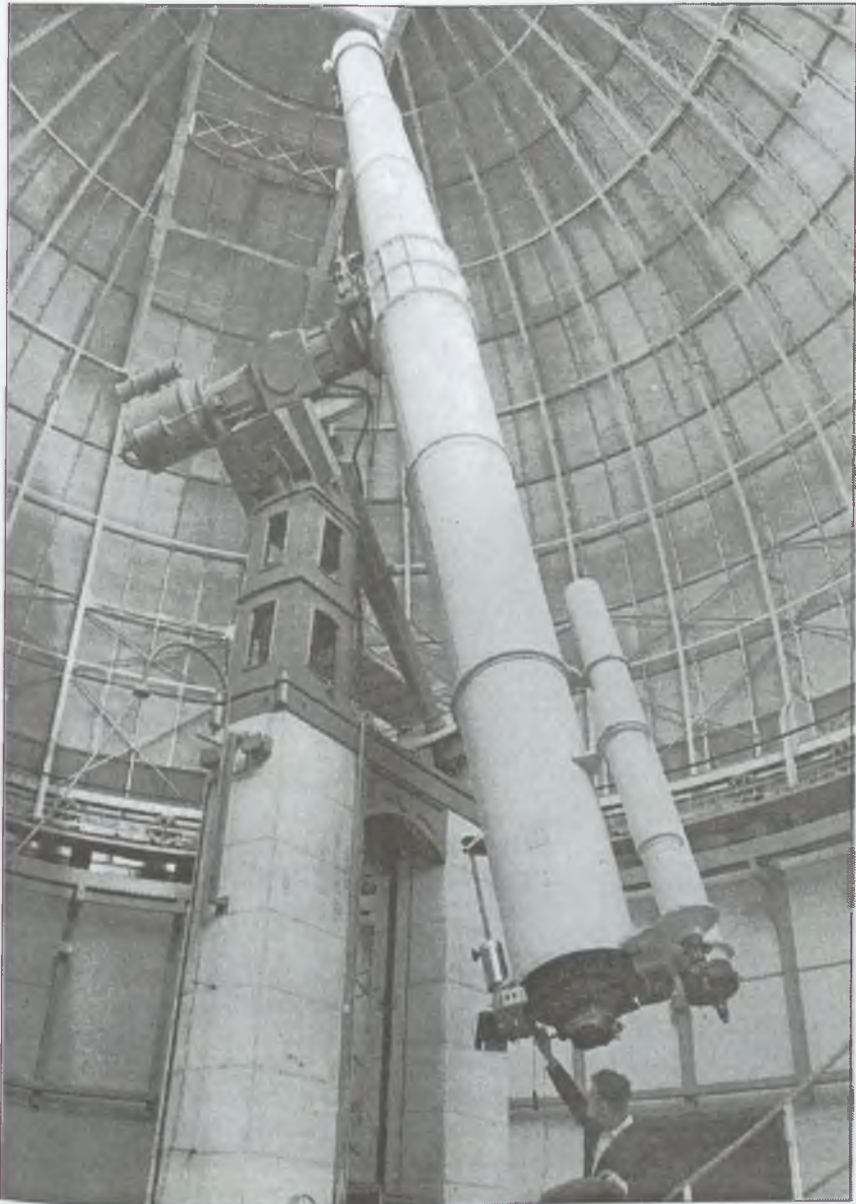
A „hatvancentis sikerek” alapján Clark és fiai most már bátran elvállalták JAMES LICK (1796–1876) San Francisco-i orgonagyártó milliomos megrendelését egy „minden addigit meghaladó teleszkóp” készítésére. A jobb kihasználhatóság érdekében a csillagászok azt ajánlották, hogy a tervezett új obszervatórium a nagyváros zavaró fényeitől távol, magas hegyen épüljön fel. Az elő-



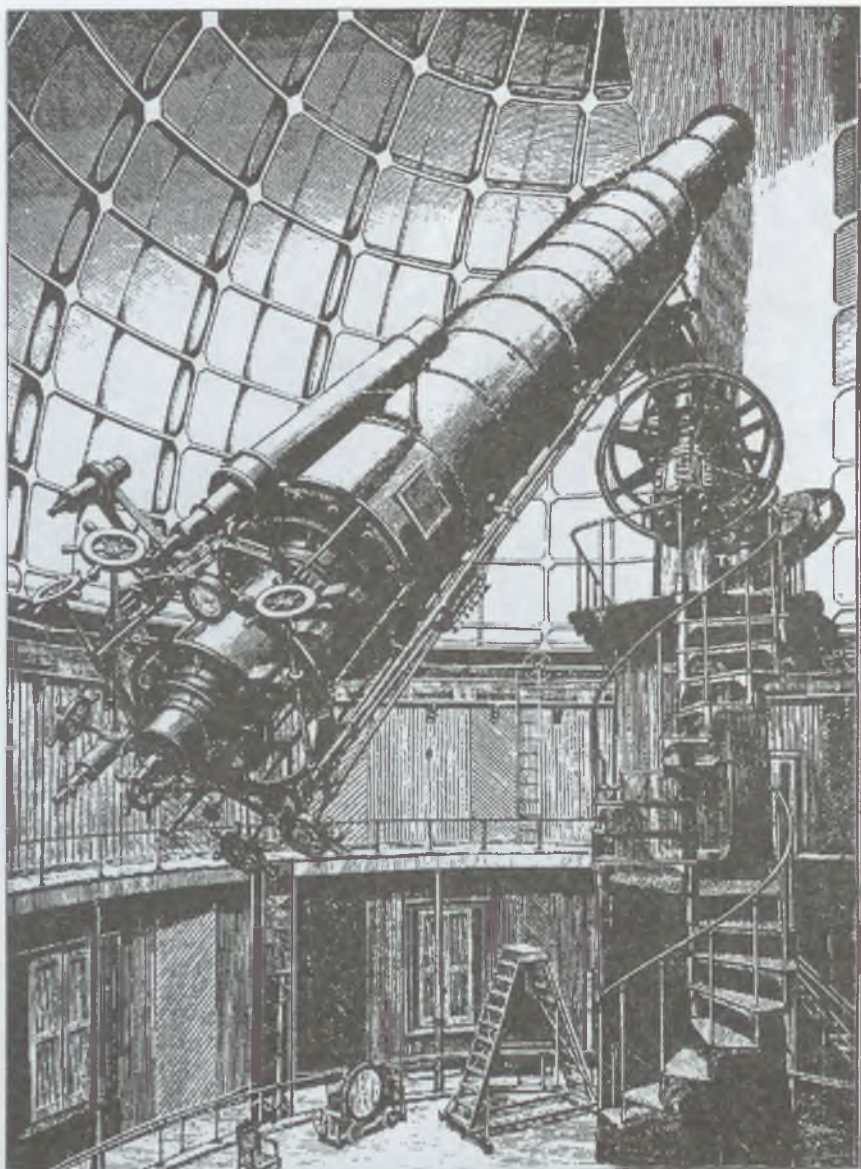
7.5. ábra. A washingtoni 66 cm-es távcső (1871)



7.6. ábra. 1885-ben A. Clark elkészítette az orosz kormány megrendelésére az addigi refraktorokat felülmúló, 76 cm-es pulkovói távcsövet. Jól látható a rövid Repsold-órategy



7.7. ábra. A nizzai Bischoffsheim-csillagvizsgáló távcsőve (Henry-fivérek, 1886).
A szerelés (Gautier) még Fraunhofer hét évtizeddel korábbi rendszerét idézi



7.8. ábra. A 91 cm-es Lick-refraktor (1888) az okulárfej felől, itt még eredeti szerelésével. Az elektromos vezérlőberendezések alkalmazása előtt a távcsövek finombeállítása még bonyolult mechanikus áttételekkel történt. Az objektív Clarkék legsikerültebb lencséje

zetes tanulmányok a kaliforniai San Josétól nem messze fekvő, közel 1400 m magas Mount Hamiltont mutatták e célra legalkalmasabbnak. Az 1875-ben kötött megállapodás szerint Lick 700 000 dolláros alapítványt tesz, ha az állam vállalja a hegyre vezető út megépítését. (A dollár akkori értéke mintegy ötvenszerese volt a mainak!)

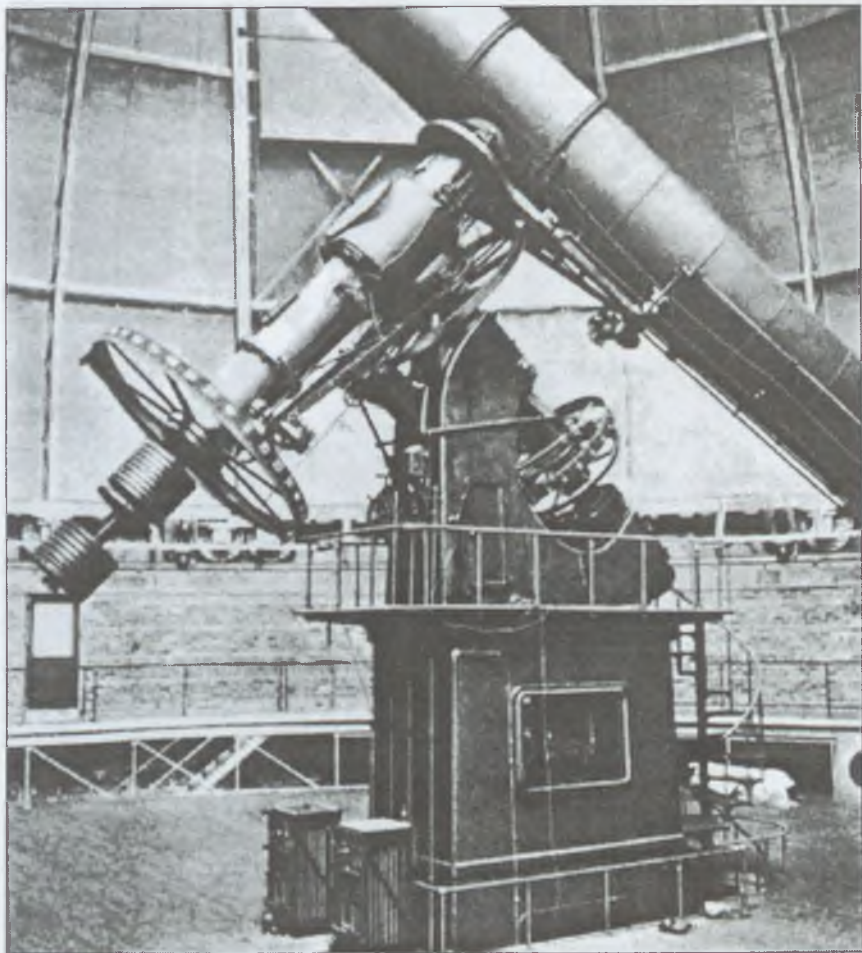


7.9. ábra. Az óriás lencsék készítője, ifjabb Alvan G. Clark és segédje, Carl Ludin a 101.6 cm-es objektív üvegkorongjai mellett

A távcső objektívjének méretét 36 hüvelyk (91.4 cm) körül adták meg. Az addig példátlan méretű optikai üveg öntését a párizsi Feil vállalta el, a korona-üveg tömb, 97 cm-es méretben valóban már az első próbánál jónak bizonyult. A flintüveg tagot azonban 19-szer kellett újra önteni, míg minden tekintetben használható üvegkorongot kaptak. Clark 1886-ban készült el a csiszolással. Az objektív szabad átmérője 91.4 cm, gyújtótávolsága 18.28 m lett. A két optikai tag együttes tömege 289.4 kg. A műszaki szerelést a Clarkékkal állandóan együttműködő Warner & Swasey gyár végezte (7.8. ábra).

A Lick-távcső öntöttvas oszlopa 11.3 m magas, 36 tonna tömegű, míg a tengelyrendszer tömege 8 tonna. Csupán az órátengely 3 m hosszú, 31 cm vastag, tömege 2.8 tonna. Az okulárvég kényelmes elérhetősége érdekében a kupolában fel-le mozgó emelőpadlót építettek be.

1888. január 7-én próbálták ki először a Lick-távcsövet. Az erős fagyban a kupolát nem sikerült elforgatni, de nyílása szerencsére éppen az Orion-ködre



7.10. ábra. A 101.6 cm-es Yerkes-távcső tengelykeresztje. A Warner & Swasey cég tervezői sikeresen egyesítették a rövid, vaskos Repsold-féle és a hosszú, de jól kiegyensúlyozott Fraunhofer-féle órategely típusokat

(M 42, M 43) irányult. A tapasztalt csillagászok elámultak a köd központi vidékének ragyogásán, a finom részletek és halvány csillagok gazdagságán. A száztíz év alatt végzett vizsgálatok azt mutatják, hogy mind a mai napig a Lick-refraktor a legtekélyesebb óriás. A hálás csillagászok pedig a távcső oszlopában helyezték el a tudománypártoló orgonagyáros hamvait őrző urnát. Az

ifjabb Clark ezalatt hozzálátott, hogy feltegye a koronát a családi műhely alkotásaira: egy méternél nagyobb lensét készítsen.

Az alkalmat a párizsi MANTOIS és társai üveghuta adta, ahol sikerült kb. egy méteres lensék csiszolására alkalmas optikai üveget önteni. (Guinand özvegye révén Mantois is az egykori műbútorasztalos-üveggyáros szellemi örökösének tekinthető!) Az ifjabb Clark valóban megvásárolt egy korongpárt, amelyből 40 hüvelyk (101.6 cm) nagyságú lensét kívánt csiszolni (7.9. ábra). Időközben azonban kiderült, hogy a dél-kaliforniai egyetem – amelynek az objektívet szánták – nem rendelkezik kellő tőkével. Ekkor lépett a színre GEORGE ELLERY HALE (1868–1938), akinek sikerült rábeszélnie a chicagói vasútkirályt, CHARLES T. YERKEST (1837–1905) a költségek egy részének fedezésére; a távcső üzemeltetését pedig a Chicagói Egyetem vállalta.

Az ifjabb Clark 1895 szeptemberében jelenthette, hogy másfél évi munka után az óriás lencse kipróbálásra kész. A teljes műszer, amelyet újból Warner & Swasey szerelt fel, két év múlva került használatba. Az objektív szabad átmérője 101.6 cm, a tömege foglalattal együtt 1000 kg. Az öntöttvas műszeroszlop 13.3 m magas, a kettős kúp alakú, hengerelt vas cső közel 20 m hosszú (a fókusz távolság 19.79 m). A hét tonnás óratengely 38 cm vastag, 4 m hosszú (7.10. ábra).

A világ legnagyobb refraktorát mai szemmel nézve nem túl előnyös helyen, a Wisconsin állambeli Geneva-tó partján, a Williams-öbölnél állították fel, alig 335 m-es tengerszint feletti magasságban, 120 km-re Chicagótól. Szerencsére ez a körülmény éppen G. E. Hale úttörő jelentőségű napkutatásait hátráltatta a legkevésbé, amelyeket ezzel a távcsővel (is) végzett.

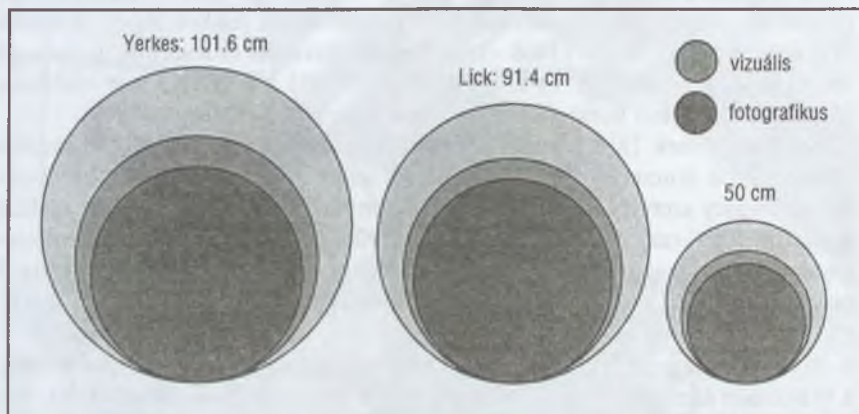
Korszakváltás

A 101.6 cm-es Yerkes-távcső gondos optikai próbái már megmutatták, hogy az ekkora méretű üvegtömbök hibaforrásai rohamosan gyarapodnak. Egy 1 méteres lencse egyes helyzetekben már önsúlya alatt is kissé torzul, és ezt csak a távcső irányának gyakori változtatásával lehet kiküszöbölni.

A múlt század végén újabb feladatként jelentkezett a csillagászati fényképezés előretörése. A színi hibát nem lehet kéttagú lencsével minden hullámhosszra egyformán javítani. A vizuális észlelések korában a lencsepárokat arra a színre korrigálták, amelyre a szem a legérzékenyebb: 500–550 nm közé. A fényképezés nyersanyagai ezzel szemben a kék és ibolyántúli tartományra érzékenyek, ezért a fotografikus távcsöveket ilyen hullámhosszokra kell akromatizálni. Az asztrofotográfia céljaira a vizuális távcsövek nem voltak alkalmasak.

Bár Cooke és Clark szellemes megoldásokat kísérleteztek ki, pl. a lencsepá-

rok megfordítását, illetve távolságuk változtatását, a biztos megoldást a külön fotográfikus célra készített objektívek jelentik. A legnagyobb német refraktor, a Steinheil-műhelyben készült *potsdami ikertávcső* fotográfikus lenscséje 80 cm átmérőjű, míg a vizuális objektív 50 cm-es. A foto-objektívlencsék gyártásában különösen a Henry-fivérek értek el eredményt. Legnagyobb műszerük a *Párizs–Meudoni Asztrofizikai Obszervatórium* 83 cm-es vizuális és 62 cm átmérőjű fényképező ikertávcsöve.



7.11. ábra. Az óriásrefraktorok alkonya: az objektívátmérő növelésével rohamosan nő az elnyelés okozta fényvesztés. A világos körök a Yerkes, a Lick és egy 52 cm-es objektív tényleges átmérőit jelzik, a szürke körök pedig azt mutatják, hogy a fényvesztés miatt mekkora veszteség nélküli objektívnek felelne meg fénygyűjtő képességük

További gondot jelentett, hogy az átmérő növekedésével egyre érezhetőbbé válik a vastag üveganyagban fellépő fényvesztés és a lencsefelületek fényszórása, illetve visszaverése (7.11. ábra). Egy 52 cm átmérőjű, 8 cm vastag akromatikus objektív a szemmel érzékelhető fénysugarak 28%-át, a fotográfikus sugarak 36%-át nyeli el, illetve veri vissza. A 101.6 cm-es (együttesen 16 cm vastag) objektívban már a vizuális sugarak 36%-a, a fotográfikusak 50%-a vész el. Ezért egy bizonyos határon túl – ez kb. 1 m körül van – a fényvesztés nagyobb az átmérő növelésével nyert fénygyűjtő képességnél!

Valóban, a Yerkes-refraktor felszerelését követően már nem állítottak fel ennél nagyobb óriástávcsövet. Az orosz kormányzat tárgyalta ugyan Clark utódaival egy 125 cm átmérőjű objektív készítéséről, de sem az üveggyártók, sem a lencsecsiszolók nem vállaltak felelősséget az eredményért. A megrendelésre ezért nem került sor (7.12. ábra).

Nagy kudarc volt a párizsi Világkiállításra 1900-ban elkészült 125 cm-es,

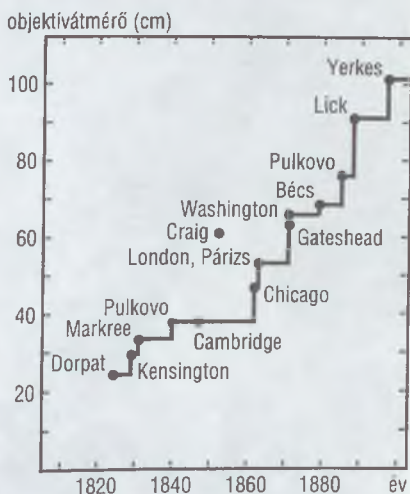
30.5 m gyújtótávolságú refraktor. A vízszintesen elhelyezett csőbe két, egyenként 2 m-es síktükör vetítette az égitestek fényét. A Mantois-féle üvegyárból kikerülő tömböket Gautier készítette el, a műszer terveit egy szindikátus dolgozta ki F. DELONCLE irányításával. Az elkészült távcső azonban a gyakorlatban használhatatlannak bizonyult. E. M. ANTONIADI, az éles szemű bolygóészlelő megállapította, hogy a Marsról nem ad jobb képet, mint egy 4 hüvelykes (10 cm-es!) lencse. A sokaktól megcsodált óriás egy évig volt a világ legnagyobb – használhatatlan – távcsőve. Néhány év múlva már senki sem emlékezett rá.

Az Óvilág távcsőépítői azonban többnyire nem törekedtek amerikai méretek elérésére: a jól bevált 60–75 cm közti méretek jellemezték a múlt század végén készített távcsőveket (7.13. ábra). Az előbbieken már megemlített nagy távcsővek mellett elsősorban a bécsi Egyetemi Csillagvizsgáló 1878/79-ben készült 68 cm-es ($f = 10.54$ m) Grubb-féle, és az ugyancsak általa 1893-ban gyártott greenwichi 71.1 cm-es ($f = 8.46$ m) refraktorok váltak nevezetessé (7.14. ábra).

A párizsi Henry és Gautier gyártotta 60 cm-es, 18 m gyújtótávolságú műszer külön említést érdemel. Ez az „könyök-távcső” (coudé-szerelés) a magyarországi származású MAURICE LOEWY (1833–1907) találmánya, amelyet 1871-ben a Nemzeti Obszervatórium akkori igazgatója nem engedett kivitelezni. 1889-ben, amikor már Loewy lett az intézet aligazgatója, az érdekes távcső, Bischoffsheim bankár költségén megépülhetett, és a Hold fotografikus térképezésében nagy szerepet kapott.

A módszer lényege, hogy az objektívből érkező sugarakat egy síktükörrendszer az óratengelybe vetíti, és ennek végén van az okulár. Az észlelő így mindig egy helyről szemlélheti a képet, bármerre fordul is a távcső. A coudérendszer ma is használatos.

A századforduló után már egyre jobban kitűnt, hogy a lencses távcsővek elérték méreteik növelésének határát. Az első világháborúig már csak két

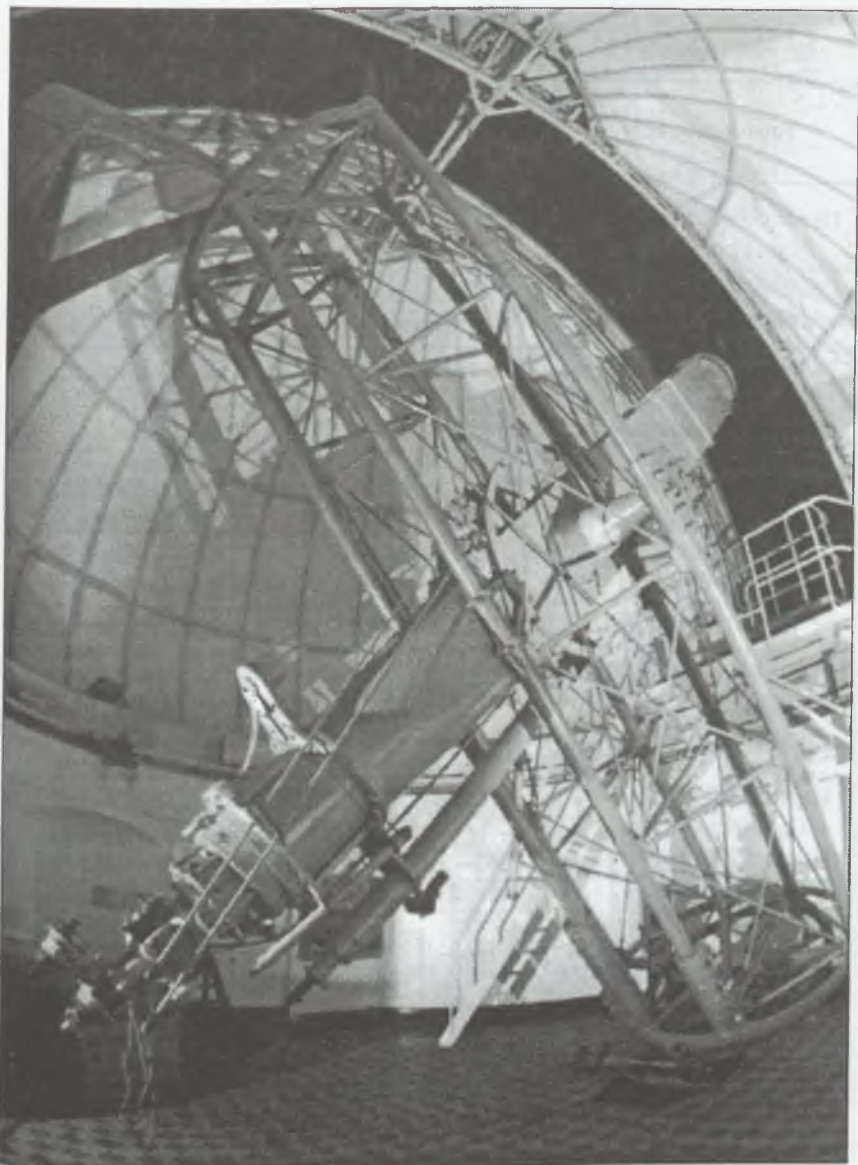


7.12. ábra. Az objektívátmérők növekedése a 19. sz.-ban. Figyelemre méltó, hogy a méretek több éves vagy évtizedes időközökben ugrásszerűen növekednek, az üvegöntés és a lencsecsiszolás egy-egy műszaki újításának eredményeképpen

75 cm-nél nagyobb távcső épült; az 1902-ben színre lépő Zeiss csillagászati részleg 65 cm körül szabta meg az általa vállalt méretek határát. A Yerkes-refraktor építésének leglelkesebb támogatója, G. E. Hale is a tükrök felé fordult: irányításával készült az 1917-ben üzembe helyezett 2.5 m-es Mt. Wilson-reflektor, amely új fejezetet nyitott a távcsőtechnika történetében.



7.13. ábra. Nehézségek az óriástávcső szerelésénél: a 21 m gyújtótávolságú, 70 cm-es nyílású treptowi távcső bonyolult és nehézkes tengelyrendszere szinte használhatatlanná teszi a műszert



7.14. ábra. Anglia ragaszkodik az angol szereléshez! A 71 cm-es greenwichi Grubb-féle távcső (1893) rácsos szerkezetű óratengelye nagy teret foglal el, de igen szilárd, rezgésmentes felállítást biztosít. Ma amatőrök használják ezt a kitűnő optikájú távcsövet

7.2. táblázat. Az objektívtávmérők növekedésének állomásai 60 cm-ig.
 Jelölések: év – a felszerelés éve, *D* – objektívtávmérő, *f* – fókusz távolság

Tulajdonos, hely	év	<i>D</i> cm	<i>f</i> m	gyártó
Greenwichi Obsz., (Shuckburg-távcső) ¹	1811	10.7	1.5	Ramsden, London
Nápolyi Obsz.,	1812	17.6	3.0	Fraunhofer– Reichenbach, München
Nemzeti Obsz., Párizs,	1819	24.1	?	J. N. Lerebourn, Párizs
Dorpat, Oroszország (ma: Tartu, Észtország)	1824	24.4	4.3	Fraunhofer, München
J. South, Kensington, (ma: London része) ²	1829	29.8	5.8	R. A. Chaucoix, Párizs; Grubb, Dublin
E. Cooper, Markree (ma: Írország) ³	1831	33.6	?	Chaucoix, Párizs; Grubb, Dublin
Egyetemi Obsz., Cambridge, Anglia	1838	30.0	5.9	Chaucoix, Párizs
Központi Obsz., Pulkovo, Oroszország	1839–40	38.0	6.9	Merz–Mahler, München
Harvard Obsz. Cambridge, USA	1847	38.0	6.9	Merz–Mahler, München
Nemzeti Obsz., Párizs	1845–55	38.0	9.0	Sécretain–Perrault
J. Craig, London (magán) ⁴	1852	61.0	24.5	T. Slater, London
J. Buckingham, London (magán) ⁵	1862	53.3	8.7	W. Wray, London
Dearborn Obsz., Chicago, USA ⁶	1863	47.0	8.2	Alvan Clark, USA
I. Porro, Párizs	1863	53.3	?	I. Porro, Párizs
R. S. Newall, Gateshead, Anglia ⁷	1869–71	63.5	9.1	Cooke és fia, Anglia; Grubb, Dublin

Megjegyzések a 7.2. táblázathoz:

1. Ekkoriban nem ez volt az egyedüli ilyen méretű műszer, de jellemzi a korszakot.
2. Nem szerelték fel teljes távcsővé.
3. 1902-ben a manilai időjárásutató állomásra került.
4. Optikailag használhatatlan volt, 1856-ban leszerelték.
5. Az edinburgh-i Városi Obszervatóriumban.
6. 1886-tól az evanstoni (Illinois, USA) Északnyugati Egyetem birtokában.
7. 1893-tól a cambridge-i Napkutató Obszervatóriumban, 1950 óta Athénben.

7.3. táblázat. A 60 cm átmérőnél nagyobb refraktorok adatai.

*Jelölések: év = a felszerelés éve; gyártók = optika + mechanika készítője;
f = fotografikus, v = vizuális objektív, K = kettős (egybe szerelt) távcső*

Tulajdonos, hely	év	D cm	f m	gyártó
Yerkes Obsz., Chicagói Egyetem, Williams Bay, USA	1897	101.6	19.8	Alvan Graham Clark + Warner & Swasey, USA
Lick Obsz., Mt. Hamilton, (Kalifornia), USA	1888	91.4	18.3	Clark és fiai + Warner & Swasey, USA
Meudon, Asztrofiz. Obsz., (ma: Párizs része), Franciaország	1896	83.0 62.0	16.2 v 15.9 f	Henry + Gautier, Franciaország
Potsdam, Központi Asztrofiz. Obsz., Németország	1899— —1905	80.0 50.0	12.0 f 12.5 v	Steinheil + Repsold, München, Hamburg
Pulkovo, Központi Csillagvizsgáló, Oroszország ¹	1885	76.2	14.1	Clark és fiai + Repsold, USA, Németország
Nizza, Csillagvizsgáló, Franciaország	1886	76.0	15.8	Henry + Gautier, Franciaország
Pittsburgh Allegheny Obsz., (Thaw-refraktor), USA	1912	76.2	14.1	Brascher + Warner & Swasey, USA
Greenwich, Régi Királyi Obsz., Anglia ²	1893	71.1	8.5	Grubb, Dublin

7.3. táblázat folytatása

Tulajdonos, hely	év	D cm	f m	gyártó
Archenhold Obsz., Treptow (ma: Berlin része) Németország ³	1896	70.0	21.0	Steinheil + Hoppe, München, Berlin
Michigan Egyetemi Obsz., Bloemfontein, Dél-Afrikai Közt.	1926	68.5	12.2	McDowell, C. S. Pittsburgh, USA
Egyetemi Obsz., Bécs, Ausztria	1879	68.6	10.5	Grubb
USA Tengerészeti Obsz., Washington, USA	1871	66.0	9.9	Clark és fiai + Warner & Swasey, USA
L. McCormick Obsz., Charlottesville, (Virginia), USA	1874	66.0	9.0	Clark és fiai
Királyi Greenwich Obsz., Cambridge, Anglia ⁴	1893	66.0	6.9 f	Grubb
Union Obsz., Johannesburg, Dél-Afrikai Közt.	1923–26	66.0 66.0	10.6 v 11.0 f	Grubb, McDowell
Egyetemi Csillagvizsgáló, Berlin-Babelsberg, Németország	1913	65.0	10.5	C. Zeiss, Jena
Tokio Egyetem Obsz., Mitaka, Japán	1930	65.0 35.0	10.5 f 10.5 v	C. Zeiss
Egyetemi Obsz., Belgrád, Jugoszlávia	1930	65.0	10.5	C. Zeiss
Központi Obsz., Pulkovo, Oroszország	1945/54	65.0	10.5	C. Zeiss, Jena
Venezuela	1959	65.0	10.5	C. Zeiss, Oberkochen

7.3. táblázat folytatása

Tulajdonos, hely	év	<i>D</i> cm	<i>f</i> m	gyártó
R. S. Newall, Gateshead; 1893-tól Cambridge, Anglia	1871	63.5	9.1	Cooke és fia, York, Anglia
J. Craig, London (magán) ⁵	1852	62.0	24.0	T. Slater, London
Lowell Obsz., Flagstaff, (Arizona) USA	1896	61.0	9.4	Alvan Graham Clark, USA
Nemzeti Csillagvizsgáló, Fokváros, Dél-Afrikai Közt.	1897	61.0 46.0	6.8 f 6.9 v	Grubb
Radcliffe Obsz., Oxford, Anglia	1902	61.0 46.0	6.8 f 6.9 v	Grubb
Harvard Egyetemi Obsz., Bloemfontein, Dél-Afrikai Közt.	1906	61.0	7.2 f	Basset Clark, USA
Sproul Obsz., Swarthmore, (Pennsylvania), USA	1911	61.0	11.0	Brasher, USA
Nemzeti Obsz., Santiago, Chile	1933	61.0	10.7 f	Grubb
Akadémiai Obsz., Stockholm, Svédország	1931	61.0 61.0	8.1 v 8.1 f	Grubb

Megjegyzések a 7.3. táblázathoz

1. Leningrád ostroma idején, 1942-ben elpusztult.
2. A műszer 1952–84 között a Herstmonceux-i Királyi Greenwich Observatóriumban működött, jelenleg ismét Greenwichben, a Tengerészeti Múzeum csillagászati múzeumban (Régi Királyi Observatórium) a műkedvelőket és látogatókat szolgálja.
3. Az objektív a gyenge optikai minőség miatt csak kb. 50 cm-re leszűkítve használható.
4. Az angol Királyi Csillagvizsgáló adminisztrációja és laboratóriumai, könyvtára ma a Cambridge-i Egyetem területén működik, főműszerei a Kanári-szigetek La Palma szigetén vannak felállítva.
5. Az objektív optikailag használhatatlan volt, 1856-ban leszerelték.

Mizser Attila

A Magyar Csillagászati Egyesület 1996/97. évi tevékenysége

A beszámolási időszakban (1996. július 1–1997. június 30.) tovább gyarapodott a Magyar Csillagászati Egyesület (MCSE) taglétszáma: 1997 májusában adtuk ki a 2000. tagsági igazolványt. Ez a gyarapodás – kivételesen – bevételeinkben is megmutatkozott, elsősorban 1996-os pályázataink voltak várákozásunkon felül sikeresek. A Nemzeti Kulturális Alap (NKA) lépett elő legfontosabb mecénásunkká, hiszen valamennyi beadott témánkat támogatta.

Rendezvények

Az időszak legnagyobb érdeklődést kiváltó rendezvényei – immár hagyományosan – az ország több pontján egyidejűleg tartott *távcsöves bemutatóink* voltak. 1996. augusztus 23-án ismét *Közelebb a csillagokhoz* címmel bonyolítottuk le nyári országos bemutatónkat, célpontunk a Jupiter volt. A bolygó távcsöves bemutatása mellett a Galileo-űrszonda frissen érkezett felvételeit is megismertettük az érdeklődőkkel. Az október 12-i részleges napfogyatkozás kapcsán szervezett bemutató jóval nagyobb érdeklődés mellett zajlott, hiszen 1982 óta nem láthattunk hazánkból napfogyatkozást kielégítő meteorológiai viszonyok mellett. Az októberi bemutató teljes sikerrel járt, országszerte gyönyörű, verőfényes idő mellett kísérelhették figyelemmel az észlelők és az érdeklődők a ritka eseményt, melyet az 1999-es teljes napfogyatkozás „főpróbájának” tekintettünk. Budapesten a Planetáriumnál 1500–2000 érdeklődőnek mutattuk be a jelenséget.

1997 tavaszán a Hale–Bopp-üstökös érkezéséhez időzítettük a *Csillagászat Napja* március 29-i rendezvényeit. Ezúttal is kegyes volt hozzánk az időjárás, hosszabb borult napok után egy hidegfront kitisztította a Kárpát-medence légterét, így ideális viszonyok mellett folyhattak a bemutatások. Budapesten a Normafa melletti Anna-réten 20 távcső várta a nagyközönséget – a hideg idő ellenére 2500–3000 érdeklődő vett részt a bemutaton, így ez jelenti a rekordot bemutatóink sorában. A nem lanyhuló üstököslázat „csillapítandó” április 12-én, az *Űrhajózás Napján* a budai várban tartottunk bemutatót, akkor már „csak” 800 főnyi közönségnek.

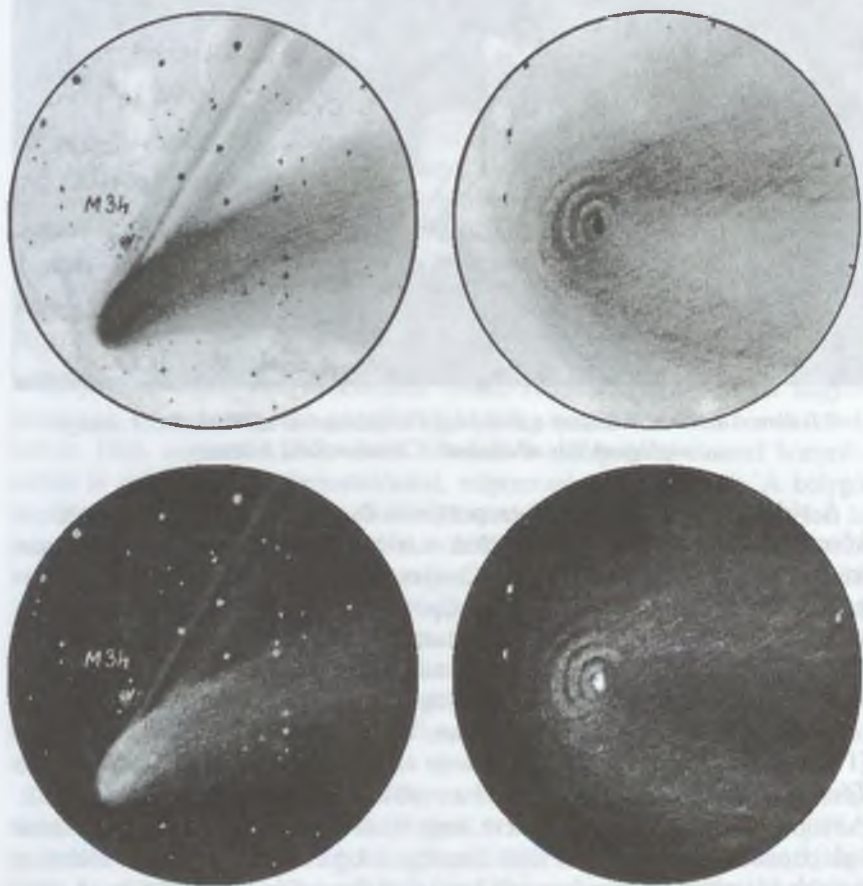


8.1. ábra. Távcsoves bemutató a Budapesti Planetáriumnál az 1996.10.12-i részleges napfogyatkozás alkalmával (Csintalan Zsolt felvétele)

A vidéki bemutatókat helyi csoportjaink és társszervezeteink tartották, a következő helyszíneken (csak azokat a településeket soroljuk fel, ahonnan írásos beszámolót kaptunk): Baja, Cserkeszőlő, Dávod, Dunaújváros, Esztergom, Hajdúböszörmény, Gyöngyös, Győr, Kaposvár, Kunszentmárton, Miskolc, Mogyorósbánya, Monor, Ópusztaszer, Pécs, Sopron, Szeged, Székesfehérvár, Tamási, Vác és Veszprém. Minden helyi szervezőnek biztosítottuk a rendezvényekhez kapcsolódó szóróanyagot.

Nagy nyári táborunkat a Mátrában, az ágasvári turistaházban tartottuk (1996. július 12–21. között). Az ifjúsági táboron és az azt követő Meteor '96 Távcsoves Találkozón több mint 200-an vettek részt, ami új rekordnak számít. A rendkívül hideg időjárás ellenére, vagy inkább annak köszönhetően (hiszen hidegfrontok jöttek-mentek) több éjszakán is kitűnő, sőtét ég borult fölének, a legjobb átlátszóság a távcsoves találkozó első éjszakáján köszöntött be. A piszkéstetői csillagvizsgáló közelsége is nagy segítséget jelentett, hiszen két napon is szerveztünk szakmai kirándulást hazánk első számú csillagászati obszervatóriumába. Az év utolsó napjaiban Ágasvári Tél '96 elnevezéssel téli észlelőtábor tartottunk, ugyancsak Ágasváron. A Hale–Bopp-üstökös megfigyelésére ráktanyai észlelőhelyünkön szerveztünk tábor, 1997. április 1–7. között.

A táborok egyre népszerűbbek, hiszen sokak számára ezek a rendezvények adják az egyetlen lehetőséget arra, hogy igazi kontaktusba kerüljenek a csillagos éggel. Jól mutatja ezt, hogy helyi csoportjaink is kivették a részüket a tábor-szervezésből: a pécsiek Pécsváradon, a zalaegerszegiek Kehidakustányban, a bolyiak a majsi erdőben, míg az esztergomiak Mogyorósbányán tartották táborukat.



8.2. ábra. Jól elkülönül a Hale–Bopp-üstökös ion- és porcsóvája Sánta Gábor rajzán, melyet 1997.04.06-án készített, 10×50-es binokulárral (fent bal oldalon). Anyaghéjak a Hale–Bopp-üstökös magja körül. Szarka Andrea rajza 20 cm-es Schmidt–Cassegrain távcsővel készült, 80-szoros nagyítással, 1997.04.07-én (fent jobb oldalon). Az alsó „pozitív” képek az eredeti rajzok számítógépes átfordításával készültek

1997. évi közgyűlésünket ismét a budaörsi Jókai Mór Művelődési Központban tartottuk. A közgyűlés egyik fontos feladata volt az alapszabály-módosítás. Alapszabályunkat az ún. 1%-os szja-törvény támasztotta előírások szerint módosítottuk (így pl. rögzítettük, hogy egyesületünk nem támogat politikai pártot, és országgyűlési képviselőt sem indítunk). A szervezeti kérdések megvitatása mellett ismeretterjesztő előadásokkal próbáltuk vonzóbbá tenni közgyűlésünket az érdeklődők számára.

Ismét részt vettünk a bajai *IAPPP Szimpózium* lebonyolításában (1996. október 25–27.); erről bővebben a Bajai Obszervatórium beszámolójában olvashatunk. Változócsillag Szakcsoportunk Esztergomban tartotta meg tavaszi találkozóját (1997. május 10.). Szegedi csoportunk ismét nagy sikerű regionális találkozót szervezett, melyen jugoszláviai vendégek is részt vettek (1997. október 19.). Tovább gyarapodott helyi csoportjaink száma: évkönyvünk zárásakor immár tíz településen működik MCSE-csoport. Problémáink megbeszélésére kiváló lehetőséget nyújtott a Zalaegerszegen megtartott *Helyi Csoportok III. Országos Találkozója* című rendezvény (1997. február 22.).

Ugyancsak részt vettünk *A Távol Közelében* című – a csillagászat oktatásával foglalkozó – konferencián, melyet a budapesti Móricz Zsigmond Gimnázium szervezett (1997. ápr. 19.).

1996 őszén és 1997 tavaszán keddi egyesületi ügyeleteinken *előadássorozatot* tartottunk a Budapesti Műszaki Egyetem R Klubjában.

Ráktanyai észlelőhelyünkön (Bakony-hegység) minden újholdas hétvégén folyt valamilyen megfigyelőmunka (elsősorban üstökösök, kisbolygók, mély-ég objektumok megfigyelése, valamint asztrofotózás). 1996 nyarán újabb helyiséget alakítottunk ki, amely a műszerek tárolása mellett az észlelők pihenését is szolgálja. Jó kapcsolatot alakítottunk ki az ágasvári turistaházzal, így immár a Mátrából is végezhetnek tagjaink észleléseket (Ágasváron elsősorban asztrofotós munka folyik). Mindkét észlelőhelyen várjuk tagjainkat, továbbá iskolák, csillagászati szakkörök számára is rendelkezésre állunk (bemutatás, előadások, észlelési gyakorlatok stb.).

1996-ban az IAU Circular 20 különböző számában jelentek meg tagjaink megfigyelései (elsősorban üstökösökről és változócsillagokról készült fényességbecslések). Asztrofotósaink felvételeiből a színes melléklet M4, M5 és M6 képe ad ízelítőt.

Kiadványok

Kiadványaink közül a *Meteor csillagászati évkönyv* jut el a legszélesebb olvasókörhöz. Az 1997-re szóló kötet viszonylag késői megjelenés (két héttel 1996 karácsonya előtt) megnehezítette az évkönyv terjesztését. A könyvterjesztés-

ben továbbra is tapasztalható negatív jelenségek miatt mindenkinek csak azt tudjuk javasolni, hogy ha lehet, közvetlenül egyesületünkől szerezze be ezt a kiadványt. Az inkorrekt terjesztői magatartás mellett most először fordult elő, hogy egyes hirdetőink egyáltalán nem, vagy csak jelentős késéssel fizettek. A kiadás nehézségei ellenére úgy gondoljuk, hogy az évkönyv fontos információkkal szolgál a hazai olvasók számára, ezért is lenne üdvös, ha megjelentetését szilárdabb alapokra helyezhetnénk.

Az 1996–97-es időszak egyfajta áttörést jelentett *Meteor* című lapunk életében. A folyóirat megjelenését 1997-ben is támogatta a Nemzeti Kulturális Alap és a Pro Renovanda Cultura Hungariae Alapítvány. Ennek köszönhetően most már tartósnak tekinthetjük a lap „megszínesedését”, színes borítók megjelenését és a 60–64 oldalas terjedelmet. 1997 közepén elértük az 1500-as példányszámot, ami arra int bennünket, hogy a korábban kialakult, észlelés-centrikus profilt tovább kell bővíteni. Az általánosabb érdeklődésű olvasók számára egyre több csillagászati és űrkutatási hírt, cikket kell közölnünk, ha meg akarjuk őket tartani. 1997 első felében – a Hale–Bopp-üstökös kapcsán – kiemelten foglalkoztunk a csövás égi vándorokkal, így pl. cikksorozatot közöltünk a magyarországi üstökös-megfigyelésekről, illetve egy nagyobb lélegzetű összefoglalót az üstökösök űreszközökkel történő kutatásáról. A Meteor mégis elsősorban az amatőrcsillagászokhoz szól. Az ő igényeikhez igazodva indítottuk útjára a CCD technikával foglalkozó rovatunkat, de többi, elsősorban észlelésekkel foglalkozó rovatunk is igyekszik megfelelni az elvárásoknak. Nagyobb teret szentelünk az amatőrmozgalom híreinek, eseményeinek, ami jól lemérhető Olvasóink írják c. rovatunk egyre színesebb tartalmából.

A beszámolási időszakban kiadtuk a közkedvelt *Pleione Csillagatlasz* bővített változatát, továbbá folytattuk az *Amatőrcsillagászok kézikönyve* című kiadvány szerkesztését. Terveink szerint 1998-ban jelenne meg ez a kiadvány, amely felváltaná Az észlelő amatőrcsillagász kézikönyve című 1987–88-ban készült munkát.

A számítástechnikai lehetőségeket kihasználva tovább bővítettük a World Wide Web-en elérhető internetes kirakatunkat, az *MCSE honlapot*, melyet ugyancsak NKA-támogatással felújítottunk (címe: <http://www.mcse.hu>). A honlapot a Hale–Bopp-üstökös 1997. tavaszi láthatósága időszakában tekintették meg nagy számban az Internet felhasználói közül. Ugyancsak 1997 tavaszán indítottuk útjára *internetes levelezőlistánkat*, a Csillát, amely hivatásos és amatőrcsillagászok, valamint a csillagászat iránt érdeklődők fóruma (csilla@mcse.hu). Rendszeresen kibocsátottuk az MCSEKLEV-et, az *MCSE elektronikus körlevelét*. *Csillagászati információkkal* és az MCSE-re vonatkozó anyagokkal láttuk el a következő CD-ROM „újságokat”: ABCD Magazin, CD Panoráma, Chip Magazin.

Mindezt igen korlátozott anyagi forrásokból – döntően tagdíjbevételekből

– sikerült megvalósítanunk. 1996-os teljes bevételünk 5 073 000 Ft volt (ebből tagdíjbevétel: 2 528 000 Ft, pályázati és egyéb támogatások: 1 612 000 Ft). 1996-os kiadásaink összege 4 730 000 Ft, melynek legnagyobb részét nyomda- és postaköltségeink jelentették (együttesen 2 771 000 Ft). 1997 első felének ismeretében sajnos a támogatások mértéke erősen csökkent, így alapvető problémáink továbbra sem oldódnak meg.

Tisztelt Olvasónk!

1997-ben az 1%-os SZJA-törvénynek köszönhetően a Magyar Csillagászati Egyesület tagjai és a csillagászat barátai 837 547 Ft-tal támogatták munkánkat. Az összeg egy részét az 1998-as Meteor csillagászati évkönyv bővítésére, színesítésére használtuk fel.

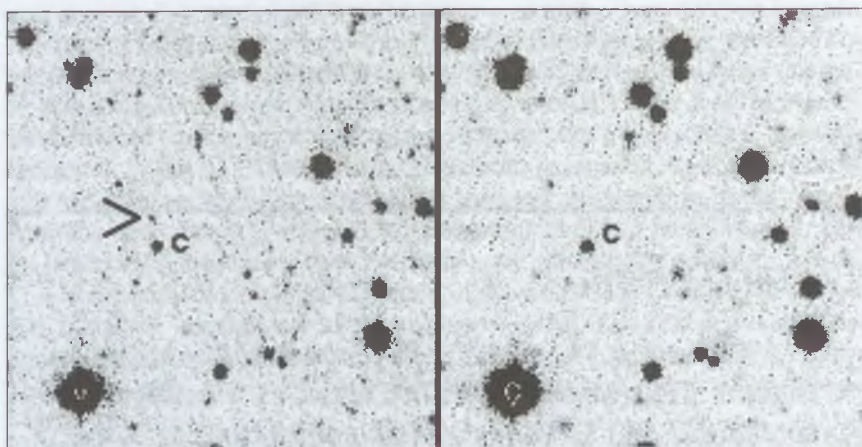
Kérjük, 1998-ban is támogassa a Magyar Csillagászati Egyesületet az SZJA 1%-ával – egy szebb, tartalmasabb csillagászati évkönyvért!

Adószámunk: 19009162243

Balázs Lajos

Az MTA Csillagászati Kutatóintézetének működése 1996-ban

Lassan már közhelynek tűnik azzal kezdeni a beszámolót, hogy az intézet az elmúlt évben is megőrizte működőképességét. Bármennyire is közhelynek tűnik, mégis ez az egyik legfontosabb, amit el kell mondanunk, kiegészítve azzal, hogy a romló anyagi feltételek mellett, nemzetközi mércével mérve is színvonalas, eredményekben gazdag kutatómunka folyt.



8.3. ábra. A GRB 970508 gamma-felvillanás optikai megfelelője (a bal oldali képen nyíl mutatja), és időbeli változása. A felvételeket a piszkéstetői Schmidt-teleszkópra szerelt CCD-kamerával Kelemen János készítette

Tudományos eredmények

A változócsillagok vizsgálata az a tudományterület, ahol intézetünk a legnagyobb hagyományokkal rendelkezik, és a legnagyobb nemzetközi elismertségre tett szert. Ehhez a hagyományhoz híven a beszámolási időszakban végzett tudományos vizsgálatok az *RR Lyrae*, δ *Scuti*, δ *Cephei*, *RV Tauri* és más, az

aszimptotikus óriáságról elfejlődött (*poszt-AGB*) pulzáló, valamint az *RS Canum Venaticorum* és *BY Draconis* típusú aktív csillagokkal foglalkoztak.

A *galaxiskozmogóniai* kutatások keretében folytattuk a csillagkeletkezésben aktív intersztelláris porfelhők szerkezetének és a bennük található, keletkezésben lévő csillagok fizikai tulajdonságainak a vizsgálatát. Tanulmányoztuk továbbá a csillagközi por keletkezésében nagy szerepet játszó *AGB-csillagok* galaktikus eloszlását.

A *napaktivitási jelenségek* közül, figyelembe véve az intézetben folyó kutatások hagyományait és műszerezettségét, elsősorban a napfoltok pozíciójának és alakjának időbeli változását vizsgáltuk.

A földi *felsőlégbeli folyamatokban* szerepet játszó naptevékenység hatását, illetve a belőle származó fűtési mechanizmus tulajdonságait kutattuk.

A fenti fő témákon túlmenően eredményesen foglalkoztunk a Naprendszer kisebb égitestjeinek (*üstökösök, kisbolygók*) a vizsgálatával is. Sikeresen műveltünk néhány *interdiszciplináris témát* is (naptevékenység és meteorológiai paraméterek, színképvonalak erős mágneses térben).

Változócsillagok

Pulzáló változócsillagok. Folytattuk azokat a vizsgálatokat, amelyek arra irányulnak, hogy az *RRab változók* fénygörbéje hogyan függ a mögöttes fizikai paraméterektől. A fénygörbe paramétereiből a változók távolságának és vörösödésének kiszámítására alkalmas formulákat származtattunk le. Ennek segítségével, valamint a Kurucz-féle atmoszféramodellek alkalmazásával lehetőség nyílt statisztikusan nagyszámú változó elhelyezésére a HRD-n. Az *RRab* csillagokra így módon kapott empirikus instabilitási sáv jelentősen eltér a modellszámítással kapottaktól.

Az *M 15 gömbhalmaz kétmódusú RR Lyrae csillagainak* átfogó vizsgálata során kifejlesztettünk egy módszert, amely a Fourier-analízis és a fázisdiagram előnyeit egyesíti. Az új módszer lehetővé teszi a kétmódusú *RR Lyrae* csillagok alapl módusaiban és első felharmonikusaiban mutatkozó változások egyidejű vizsgálatát.

Az *EROS-program* adatbázisában egy 14 napos periódusú csillagot találunk, amelyben a két pulzációs módus 3 : 2 rezonanciában van. A részletes lineáris modellezés azt mutatta, hogy csak igen szűk paraméter-tartományban fordulhat elő ilyen periódus-kombináció. Nemlineáris modellek viszont a megfigyelthez képest lényegesen kisebb amplitúdójú fényességváltozást adnak, vagyis ez a csillag az elmélet számára további kihívást jelent.

Sikerült a *lineáris pulzáció* egyenleteit közelítések nélkül is a Schrödinger-egyenlethez hasonló alakra transzformálni. Az így kapott egyenletekben lévő potenciálban a hidrogén ionizációs zóna egy magas potenciálfalat hoz létre,

amely a csillag burkát két részre osztja. A két rész közötti rezonancia felelős a különös módusok létrejöttéért.

Tovább vizsgáltuk a fotometriai kritériumok *kettősségi indikátor* szerepét. A fényesség és a radiális sebesség változásának amplitúdóiból származtatott paraméterek több cefeidánál utalnak kék vagy vörös kísérő jelenlétére. A két-módusú cefeidákra végzett hasonló vizsgálat megerősítette, hogy a látóirányú sebesség és a fényesség változásának mértékéből a pulzációs módusra is lehet következtetni. E módszer alapján kimutatható, hogy a *V473 Lyrae* nevű cefeida az első felhangnál magasabb módusban rezeg.

A korai F színektípusú *HD 108100* jelű csillagnál γ Doradus-típusú változást sikerült felfedezni. A megfigyelt 1.32 és 1.40 ciklus/nap értékű periódusok $l = 1$ rendű gravitációs módusnak (g-mode) felelnek meg. Korábban ez a csillag a 4 CVn δ Scuti-változó összehasonlítójaként szerepelt.

A mátrai állomás 1 m-es távcsövére szerelt CCD kamerával az *NGC 744* nyílthalmazban egy mindössze $0^m.04$ amplitúdójú változót sikerült felfedezni.

Gömbhalmazbeli RV Taurinak klasszifikált csillagok periódusanálíziséből megállapítottuk, hogy ezek valójában nem RV Tauri változók. Ennek az a jelentősége, hogy ezzel elveszett a legfontosabb bizonyíték az RV Tauri csillagok poszt-AGB csillagként való értelmezéséhez. Régóta észlelt RV Tauri csillagok O–C diagramjának vizsgálatából kiderült, hogy az azokon észlelt hullámok véletlenszerűen is keletkezhetnek.

Csillagaktivitás. Elkészítettük a *HK Lacertae* foltos változó hosszú időskálájú modellezését. Foltmodellező program alkalmazásával kimutattuk, hogy a csillag 30 évnyi fényváltozása jól magyarázható a poláris vidékeken elhelyezkedő aktív területekkel. Az eredmények egyéb elméleti kutatásokkal összhangban egy konzisztens kép kialakítását tették lehetővé. A csillag pólusán levő foltokkal minden fénygörbe leírható volt.

Idősoros foltmodellezést alkalmazva változásokat mutattunk ki a fénygörbék egymást követő ciklusain. Egy új módszerrel jó alsó becslést adtunk a csillag folttalan fényességére, és meghatároztuk a folt hőmérsékletét is. Az eljárás elegendően nagy észlelési adatsorra alkalmazva megbízható alsó becslést ad erre a másként eléggé pontatlanul meghatározható paraméterre.

Elkészítettük a fotometriai foltmodellezés vizsgálatát, a teszteredmények kiértékelését. Ezzel számszerűsíteni tudtuk a használt modellezési eljárás korlátait, illetve alkalmazási körét.

Befejeztük az *IM Pegasi* óriáscsillag 14 IUE-spektrumának analízisét. A kapott paraméterek rotációs modulációt mutatnak, és az eredmények egy fényesebb terület (plage) jelenlétére utalnak.

Az *SV Camelopardalis* kettőscsillagról a piszkéstetői állomás 50 cm-es teleszkópjával végzett megfigyelés, valamint a McDonald obszervatóriumból kapott spektroszkópiai mérések alapján készített Doppler-leképezési analízis

egyaránt kimutatta egy nagyméretű, kör alakú folt jelenlétét a főkomponens felszínén. E folt létezésével az optikai fénygörbe teljes egészében megmagyarázható. A spektroszkópiai mérések értelmezésekor azonban egy további kisebb folt létezését is fel kellett tenni.

A Galaxis szerkezete és kozmogóniája

Részt vettünk az ISO mesterséges holddal a távoli infravörös háttér vizsgálatát célzó programban, amelynek keretében három 0.5×0.5 fokos terület 25 mikronos hullámhosszon való feltérképezése történt. Az állatövi fény intenzitás-eloszlása szögperces skálán vizsgálva meglepően simának mutatkozott. Kérdés, hogy mi az a mechanizmus, amely ilyen mértékben elkeveri az üstökösökről/kisbolygókról leváló porrészecskéket a bolygóközi térben. A holdra szerelt ISOPHOT spektrométerrel mérések történtek az állatövi fény $5\text{--}11.5\ \mu\text{m}$ hullámhossztartományában. Ezek a mérések megmutatták, hogy a spektrális energiaeloszlás jól közelíthető egy 260 K-es feketetest-sugárzással. A jelenlegi mérési pontossággal nem lehet semmiféle emissziós, vagy abszorpciós vonalat látni a színeképben.

Meghatároztuk a kis tömegű csillagok keletkezésében aktív *Cepheus Flare* molekulafelhőinek a távolságát. A $+10^\circ$ galaktikus szélesség fölötti felhők két különböző struktúra részei, amelyek sebessége, távolsága és csillagkeletkezési tulajdonságai eltérőek. A felhők mintegy 160 négyzetfoknyi területén feltérképeztük a lehetséges csillagkeletkezési gócokat és fiatal csillagokat. Az eredmények lehetővé teszik a Cepheusban levő molekulafelhők csillagképző tulajdonságainak összehasonlítását egyéb, jól ismert molekulafelhőkével.

Monte Carlo-eljárással modelleztük az intersztelláris por jelentős forrásának tartott *vörös változók eloszlását* az $(I, J, K, 12\ \mu\text{m})$ színekből álló paraméterterben. Az eredményekről készített $(I-K; J-K)$ és $(I-K; K)$ diagramok meggyőzően bizonyítják, hogy a Mira-változók egy olyan területet népesítenek be az $(I; J; K)$ paraméterterben, amely jól elhatárolódik attól, amelyet a törpe és óriáscsillagok foglalnak el. Az eredményeket az Európai Unió által támogatott DENIS projekt eredményeinek értelmezésénél lehet felhasználni.

Napaktivitási jelenségek

Folytattuk a bonyolult foltcsoportokban lezajló változások és a mögöttük meghúzódó fizikai folyamatok vizsgálatát. Az 1992 augusztusi *NOAA 7248* és *7260* aktív vidékeken megfigyelhető volt az új aktivitás kölcsönhatása az öreg napfoltokkal. Az 1991 szeptemberi *NOAA 6850* esetében a már publikált fejlődés és a kölcsönhatások a *YOHKO*H mesterséges holdról készített korona képeken is követhetők, a fiatal és a szabálytalan alakú umbrák felett a korona fényesebb.

A napaktivitás különféle megnyilvánulásait tanulmányozva a napléggör

mindhárom rétegről (fotoszféra, kromoszféra, korona) készített egyidejű észlelések felhasználásával több aktív vidéket tanulmányoztunk. Kimutattuk, hogy a NOAA 7493 aktív vidéken a mágneses erővonal átkapcsolódás kváziszeparátrix rétegek mentén zajlik le, tehát a mágneses nullapontok jelenléte nem szükséges feltétele az átkapcsolódásnak.

A NOAA 7792-es aktív vidéken észlelt fler látványos, erősen csavart flerhurkai gyorsan tágultak 200 km/s sebességgel. A flert követően két koronalyuk megjelenését figyeltük meg az aktív vidéktől jelentős távolságban.

A NOAA 7205 aktív vidék fejlődését tanulmányozva kimutattuk, hogy a flerezéshez szükséges szabad mágneses energia két forrásból származott: a napfoltok mozgása keltett áramokat, továbbá egy új, csavart fluxuscső jelent meg az aktív vidéken, amely elektromos áramot hozott fel a napfelszín alatti rétegekből. Ebben az aktív vidékben észlelt hosszú időtartamú (kb. 16 óra) fler tanulmányozása arra utalt, hogy az egyre növekvő flerhurkok folytonos, egyre magasabban létrejövő mágneses átkapcsolódás eredményei. Az egyedi forró röntgenhurkok lehűlve megjelennek a kromoszférában H α poszt-fler hurokprotuberanciákként.

A Nap–Föld-fizikai kutatások terén folytattuk a *geomágneses aa index* és a hőmérséklet közötti korreláció változásának vizsgálatát az idő és a földrajzi hely függvényében az északi félgömbre. 728 állomás adatainak felhasználásával megállapítottuk, hogy a korreláció függ a zavar típusától, és az északi félgömb atlanti- és csendes-óceáni részén ellentétes értelmű. Ezek az eredmények azt sugallják, hogy a mechanizmusban fontos szerepe van bolygóközi mágneses térnek.

A Föld felsőléggörének vizsgálata

Folytattuk a légköri hullámok vizsgálatát a 220–700 km magassági tartományban. Megállapítottuk, hogy a hullámok amplitúdója 280 km felett majdnem mindig monoton nő a magassággal, de meredekebben 550–600 km felett. Geomágnesesen aktív időkben ez a tendencia azonban tavasz és ősz kivételével megfordul 600 km felett. Nyugodt időszakban nincs függés a szélességtől 500 km alatt, zavart időszakban azonban nem ilyen egyszerű az amplitúdó viselkedése. Az amplitúdó változik a helyi idő függvényében. Nyugodt és zavart időszakban is maximális a kora hajnali órákban és minimális napközben. Zavart napokon azonban egész nap magasabb a hullámtevékenység, mint nyugodt időszakban, kivéve az 500 km feletti régiókat az éjszaka közepén.

Több éves munka után elkészült a *DTM94 (Drag-temperature model)*. A munka során felhasználtuk az interferométeres és spektrométeres hőmérséklet-méréseket, akcelerométeres és fékeződésből levezetett sűrűség, továbbá spektrométerrel nyert N₂, O és He koncentráció adatokat. A számításokban

összesen 396 100 mérést használtunk fel. Végeredményben a modell egy jól áttekinthető, matematikailag könnyen kezelhető, és igen rövid számítási időt igénylő algoritmusból áll. A tapasztalattal történt egybevetés szerint a DTM94 lényeges javulást jelent a korábbi DTM78-hoz képest és semmiben sem marad el az MSIS86-tól, sőt bizonyos esetekben jobb annál.

Egyéb témák

Kiértékeltek a Hubble űrtávcső új planetáris kamerájával (*HST PC2*) készített felvételeket a *19P/Borrelly* (1994 I) üstökösről. Új, nagyon pontos módszerrel dolgoztunk ki az üstökös mag detektálására, kómától való szeparálására. A kamera nagy felbontása lehetővé teszi az üstökös mag megfigyelését a fényes mag körüli, optikailag igen vékony kóma ellenére is.

A VEGA–1 és VEGA–2 valamint a GIOTTO űrszondák által a *Halley-üstökös* magjáról és belső kómájáról készített felvételek elemzésével kimutattuk, hogy az üstökös magjának szubszoláris területén több aktív porkibocsátó terület található. Az eddig feldolgozott VEGA–2 anyagból az a következtetés vonható le, hogy a jet-aktivitás időben változik.

Befejeztük az *erős mágneses térbe helyezett hidrogénatom* kötött állapotainak vizsgálatát. A szokásos analitikus és numerikus módszerektől eltérve sikerült egy hatékony, stabil és matematikailag is egzakt algoritmust kidolgozni. Olyan kötött állapotok váltak kiszámolhatóvá, amelyeket eddig a legnagyobb szuperszámítógépekkel sem határoztak meg túlzott számításiigényük miatt.

Kapcsolat felsőoktatási intézményekkel

A beszámolási időszakban is jó kapcsolatot tartottunk fenn felsőoktatási intézményekkel. Az *ELTE TTK*-val aláírt szerződéssel kihelyezett asztrofizikai laboratórium eredményesen működött. Ez az egyezmény az *ELTE*-vel, *KLTE*-vel, illetve *JATÉ*-val aláírt, korábbi együttműködési megállapodással együtt megfelelő adminisztratív keretet adott az intézet munkatársai által végzett oktatási tevékenységhez.

Az intézet kutatói a következő előadásokat, illetve gyakorlatokat tartották:

Az ELTE-n: Általános csillagászat, Extragalaktikus asztrofizika (doktori iskola, asztrofizikai szakirány), Csillagrendszerek dinamikája, Csillaglégkörök (doktori iskola, asztrofizikai szakirány), Bevezetés a csillaglégkörök fizikájába, Csillagászati gyakorlatok, Csillagok belső szerkezete (asztrofizikai szakirány), Asztrofizika labor (asztrofizika szakirány), Asztrofizikai megfigyelési módszerek (doktori iskola, asztrofizika szakirány), Csillagászati szeminárium, Csillagászati műszertechnika.

A KLTE-n: Csillagászat, A Nap fizikája.

Nemzetközi kapcsolatok

Az elért tudományos eredmények jelentős hányada nemzetközi együttműködés eredménye. Akadémiai együttműködések keretében Egyiptom, Észtország, Lengyelország, Mexikó, Oroszország, valamint Spanyolország csillagászaival van kapcsolatunk. Kormányközi TÉT megállapodások keretében a Bécsi Csillagászati Intézettel és a Kölni Egyetemmel folytattunk közös kutatást. Az intézetben két, az Európai Unió által támogatott PECO pályázat indult 1995-ben. Kutatóink részt vettek a nyugat-európai *DENIS (Deep Near-Infrared Survey)* projektben. Rendszeres kapcsolataink vannak a floridai (USA), a villanovai (USA), a nashville-i (USA) és a nagoyai (Japán) egyetemmel; valamint a varsói (Lengyelország), a potsdami (NSZK), az armagh-i (Észak-Írország), a kanzelhöhei (Ausztria), a bécsi (Ausztria), a marseille-i (Franciaország), a wellingtoni (Új-Zéland) és a pekingi (Kína) csillagászati intézetekkel.

A Nemzetközi Csillagászati Unió megbízásából az intézet kutatói szerkesztik az *IAU Information Bulletin on Variable Stars* kiadványt, amely az Internet hálózaton keresztül elektronikusan is elérhető.

A debreceni napfizikai obszervatóriumban dolgozó kollégák szerkesztik szintén az IAU megbízásából a *Debrecen Photoheliographic Results* című katalógust, amely elektronikusan is hozzáférhető.

Mind napfizikában, mind változócsillagászatban kutatóink rendszeresen részt vettek nemzetközi kampányokban.

A kutatóintézet 1996. évi tudományos teljesítményének főbb mutatói

Létszám 61 fő, ebből kutató 33 fő.

Az év folyamán megjelent összes idegen nyelvű publikáció száma 61; nemzetközi folyóiratban 36, hazai folyóiratban 7, konferencia-kiadványban 18.

Közlésre elfogadott publikációk száma 59, ebből külföldi folyóiratban 27.

Előadások száma 44.

Elnyert tudományos fokozat: 1 PhD.

Az év folyamán oktatási tevékenységet végzők száma 10 fő, összesített heti óraszám 18 óra.

Az év folyamán művelt OTKA témák száma 15; OMFB pályázati témák száma 1; egyéb pályázatok, együttműködések keretében művelt témák száma 5.

Marik Miklós

Az ELTE Csillagászati Tanszékének működése 1995–1996-ban

Személyi állomány

A tanszék személyzete 1997. július 1-én a következő volt:

Dr. hab. Marik Miklós, tanszékvezető egyetemi docens, kandidátus

Dr. hab. Balázs Béla, egyetemi tanár, a tudomány doktora

Dr. Érdi Bálint, egyetemi docens, kandidátus

Dr. Szécsényi-Nagy Gábor egyetemi adjunktus

Tóth Viktor, tanársegéd (szabadságon)

Hevele Ildikó, tanszéki előadó

Dr. Almár Iván, megbízott előadó, a tudomány doktora

Dr. Fejes István, megbízott előadó, a tudomány doktora

Dr. Balázs Lajos, megbízott előadó, kandidátus

Dr. Barcza Szabolcs, megbízott előadó, kandidátus

Dr. Illés Erzsébet, megbízott előadó, kandidátus

Dr. Patkós László, megbízott előadó, kandidátus

Holl András, megbízott előadó

Surek György, megbízott előadó

Abuzeid Bashir, aspiráns

Pintér Balázs, doktori ösztöndíjas

Ballai István, doktori ösztöndíjas

Kiss Csaba, doktori ösztöndíjas

Nikolics Silvana, doktori ösztöndíjas

Csík Árpád, doktori ösztöndíjas

A beszámolási időszakban a megszorító intézkedések hatására megszűnt Petrovay Kristóf és Erdélyi Róbert állása. Mindketten külföldön folytatják kutatómunkájukat.

Lágymányoson előrehaladott állapotban van a Természettudományi Kar új épületének építése. A tanszék előreláthatóan 1998-ban fog odaköltözni, ahol planetárium, észlelő kupola és egy napmegfigyelő terasz is rendelkezésünkre áll majd.

Oktatás, továbbképzés

A tanszék látja el továbbra is a fizikatanár, fizikus, geográfus, földrajz, meteorológus és térképész szakos hallgatók csillagászati képzését. Részt veszünk a fizikus hallgatók *asztrofizika* szakirányának képzésben is. A tanszék oktatói tevékenyen részt vesznek az *asztrofizika doktori iskola* munkájában, ahol Balázs Béla, Érdi Bálint és Marik Miklós rendszeresen tartanak előadásokat. A csillagász szakos hallgatók számára tartott előadásainkban lényeges változások nincsenek, így ezeket most nem részletezzük. (lásd *Csillagászati évkönyv 1996*) Újdonságnak Illés Erzsébet *planetológiai* speciális előadása számít.

Örömmel konstatáltuk, hogy a csillagászat iránt erősen megnövekedett az érdeklődés, a „Bevezetés a csillagászatba I.” speciális előadáson előfordult, hogy 100-nál is többen szorongtak. A csillagász szakos hallgatók száma (III–V. évfolyam) megközelíti az 50-et. Az előző beszámoló óta a következő hallgatók kaptak csillagász szakos diplomát: Berend Zsolt, Bíró Imre Barna, Csík Árpád, Halász Alexandra, Kiss Csaba, Kupi Gábor, Lányi Zsófia, Sándor Zsolt és Széll András.

A *tudományos diákkörök* nyíregyházi találkozóján Dajka Emese különdíjat, Vavrek Roland harmadik díjat nyert dolgozatával.

Változatlanul működtettük az Eötvös Loránd Fizikai Társulat Csillagászati Csoportjával közösen az *Országos Csillagászati Szemináriumot*, ahol az előző beszámoló óta (többek között) az alábbi előadások hangzottak el:

Marik Miklós: A Bode–Titius szabály

Patkós László: Újabb bonyodalmak a Hubble-állandó meghatározása körül

Hans Kjeldsen: Astroseismology – Probing the Interior of Stars

Mészáros Attila (Prága): Gammafelvillanások és kozmológia

Horváth István: Aktuális kérdések a kozmológiában

Balázs Lajos: Intersztelláris porfelhők szerkezetének vizsgálata

Akiko Kawamura: Radioastronomical Studies of the Structure of Galactic Molecular Clouds

Fejes István: Űr-VLBI

Frey Sándor: Nagy vöröseltolódású kvazárok és a Világegyetem tágulása

Kovács József: Korai emissziós csillagok echelle spektroszkópiája

Horváth István: Azok a misztikus nagyenergiájú sugárzások

Illés Erzsébet: Új szemlélet a Naprendszer kutatásában

Érdi Bálint: A Naprendszer kaotikus dinamikája

Horváth András: Intersztelláris lökéshullámok modellezése

Abuzeid Bashir: The Differential Rotation of Sunspots

Kutatás

Az *égi mechanikai* kutatások keretében Érdi Bálint a szekulárisan változó, térbeli, elliptikus, korlátozott háromtest-probléma modelljében négyváltozós aszimptotikus sorok formájában közelítő megoldást adott a Trójai-kisbolygók hengerkoordinátákban felírt mozgásegyenletének differenciálegyenlet-rendszerére. Ez a megoldás lehetővé tette a kisbolygópályák több százezer év alatt kézbemenő fejlődésének meghatározását.

A *napfizikai* kutatások keretében érdekes eredményeket kaptunk a napfoltok differenciális rotációjára vonatkozóan. Sikerült észak-déli aszimmetriát is kimutatnunk (Abuzeid, Marik). Komoly haladást értünk el a mágneses erővonalak közege fűtésének elméletét illetően (Csík, Pintér, Bollai).

A *flercsillagok* kutatásának témakörében az aktívnak tartott objektumok térbeli lokalizálására halmaztag vizsgálatokat végeztünk az η Tauri környezetében. Ennek során a területen ismert flercsillagok mintegy 80%-áról sikerült kideríteni, hogy tagja-e az M 45-nek, vagy sem (Szécsényi-Nagy).

Részletgazdag és a csóva valódi kiterjedését is jól mutató felvételsorozatot készítettünk a Piskéztetői Obszervatórium Schmidt-távcsövével a *Hyakutake-üstökös*ről (Szécsényi-Nagy).

Rádióspektroszkópiai méréseket végeztünk *csillagközi molekulafelhők* irányában az effelsbergi (Németország) 100 m-es, a metsähovi (Finnország) 14 m-es, és a JCMT (Hawaii, USA) 15 m-es teleszkópokkal nemzetközi együttműködésben (Tóth). Stellárstatisztikai vizsgálatokat végeztünk az MTA CSKI Schmidt-távcsövével. IRAS adatok elemzése alapján összeállítottuk a II. Galaktikus Negyed távoli infravörös íveinek (loop) katalógusát. Tovább fejlesztettük a csillagközi felhő-lökéshullámfront ütközést szimuláló numerikus modellünket, és sokdimenziós statisztikai adatfeldolgozó eljárásainkat (Tóth L. Viktor, Horváth András, Kiss Csaba, Moór Attila).

Hegedüs Tibor

A Bács-Kiskun Megyei Önkormányzat Csillagvizsgáló Intézete 1995–1997

A beszámolási időszakot az ország egyetlen, 100%-ban önkormányzati fenntartású kutatóintézeteként éltük meg. Alapító okiratunk szerint ugyan a tudományos alap kutatás a fő feladat, de felsőfokú oktatási és közhasznú (ismeretterjesztési) tevékenységeket is végeznünk kell. Az áttekintett időszakban megpróbáltunk megtartani egy egészséges arányt a tudomány, az oktatás és az egyéb tevékenységek között.

Munkafeltételek

Az OMFB támogatásából beszerzett 50 cm-es RC távcső továbbra is intézetünk fő műszere. A referált időszak nagy részében még mindig a Starlight–1 UBV fotométer volt rákapcsolva, majd egy amerikai (SBIG) gyártmányú ST–5 CCD kamera, amihez egy fókuszkiegészítő feltét is készült. Az ST–5 kamerát 1997-ben felváltottuk egy 752×512 16 bites ST–7-re, amely a kézirat elkészülte idején egészül ki BVRI szűrősortozatot tartalmazó szűrőváltóval. Borbás Mihály támogatásából beszereztünk egy 20 cm f/18 Cassegrain tubust, amely vezetőtávcsőként kerül az 50 cm-esre. Belekezdtünk egy 1024×1024 nagy CCD kamera kiépítésébe, amely hosszú ideig a fő detektor lesz. Ideiglenesen hozánk került az ELTE Starlight–1 fotométere is, amely komoly javításra szorult. A pécsi JPTE Fizika Tanszékének segítségével megkezdődött a felújítása. A déli kupolában, a volt DVT műszerállásának átalakításával felszereltünk egy Celestron 8+ Computerized távcsövet (AstroTech tulajdon). Ehhez OPTEC SSP3 (UBVRI) fotométer (Haynald Observatórium), vagy egy kisebb (TC–255 chipes) AstroTech CCD kamera csatlakoztatható.

Számítástechnikai gépparkunk gerincét egy sikeres NIIFP (Nemzeti Információs Infrastruktúra Fejlesztési Program) pályázat nyomán SUN Sparcserver 10 és SUN Classic–X terminál alkotja, szünetmentes tápegységgel és lézernyomtatóval. Ezt sikerült bővítenünk a városi önkormányzat támogatásából egy 2.1 GB merevlemez tárolóval, amely a központi szerverbe került, és egy szkennerral. A helyi hálózatba kötött IBM PC számítógépek tekintetében évek munkájával sikerült elérni, hogy 486-osnál gyengébb gépeink nincsenek.

Könyvtári anyagunk fejlesztése apró lépésekkel ismét megindult, néhány fontosabb külföldi csillagászati folyóirat megrendelésével és könyv beszerzésével. Médiatárunkban a NASA NSSDC által készített csillagászati katalógusok gyűjteményének valamennyi kiadása, Einstein, IRAS műholdak feldolgozott anyagai, 120 CD-ből álló Vénusz adatbázis és legújabb beszerzésként a Palomar Sky Survey tömörítése, a RealSky is megtalálható.

Elavult, 9.6 kbps sebességű X.25 vonalon vergődő Internet kapcsolatunk e kézirat elkészültekor kerül át 64 kbps sebességű, digitális bérelt vonalra – szintén NIIFP támogatással. Az épület elkészülése óta először, 1997 folyamán történhet meg nagyjavítás. Minthogy az alapító Borbás Mihály 1947-ben kezdte meg Baján csillagvizsgáló létrehozását, az eltelt fél évszázadot a külsőleg is megújult épülettel akarjuk ünnepelni. A jelképes „újramegnyitásra” készülhet el az „Ártér” című kulturális folyóirat különszámaként az intézetet bemutató és történetét feldolgozó kiadvány.

Személyi állomány

A 6 fős intézet igazgatója (1995. novemberében kiértékelt pályázat után, 5 évre történt kinevezéssel) Hegedüs Tibor. Rajta kívül két főállású csillagász dolgozik: Borkovits Tamás, és Bíró Imre Barna (elődje, Paragi Zsolt a KGO-ba ment át, rádiócsillagászati területre), Borkovitsné József Rita az intézet titkára, könyvtárának vezetője, Jäger Zoltán számítástechnikai tudományos munkatárs, rendszer-adminisztrátor és Lógó Mihályné gondnok, kertész. Rajtuk kívül, alkalmi díjazással két külsős segíti munkánkat: Purak Sándor számítástechnikus a hálózati adminisztrációkat, ftp szerverünk karbantartását, és Vaskúti György az intézet távcsöveivel kapcsolatos valamennyi optikai és mechanikai karbantartást, beállítást, tervezést és kivitelezést vezeti.

Tudományos munka

Folyamatosan karbantartjuk az excentrikus fedési kettőscsillag-rendszerek katalógusát. Előkészületben van keresőtérképeiket és fénygörbéiket is tartalmazó bővített formájú megjelentetése. A lista fontosabb, apszismozgásos csillagainak viselkedését nyomon követjük, a newtoni és einsteini rátától eltérő sebességű periasztron-mozgások klasszikus magyarázatainak fotometriai igazolásához folyamatosan gyűjtjük a méréseket (*DI Her*, *AS Cam*). Még több rendszer apszismozgásának kimutatása céljából folyamatosan fotometrálnunk halványabb rendszereket listánkból (*GU Her*, *V1147 Cyg*).

Továbbra is végezzük néhány különösen érdekes *W UMa* fénygörbéjének vizsgálatát (*UZ Leo*, *CV Cyg*) – a JATE csillagászaival együttműködve.

Elkészült 19 fedési kettős szekuláris periódusváltozásainak vizsgálata, amely

során néhány rendszerben láthatatlan kísérőket sikerült kimutatni, néhányánál a már ismert kísérők feltételezhető pályadatait pontosítottuk, illetve pár különös viselkedésű rendszert is találtunk. Karbantartjuk a láthatatlan komponens(ek)e)t tartalmazó fedési rendszerek katalógusát.

Kataklizmikus változócsillagok fénygörbéinek vizsgálata terén elkészült egy fénygörbe-analízis program, amely jól modellezi a komponens csillagok és az akkréciós korong paramétereinek hangolásával a megfigyelhető fénygörbéket. A program finomítása és saját megfigyelési anyag gyűjtése, analízise folyik.

Kísérleteztünk extrém rövid CCD expozíciók Fourier-transzformációs feljavítása által a diffrakció-limitált optikai felbontás elérésével (Paragi távozásával e téma szünetel). Könyvtári anyagunk számítógépesítése (on-line keresés kialakítása stb.) folyamatban van, csillagásztörténeti adatbázis készül.

A felsorolt kutatási területek eredményeiből referált külföldi szakfolyóiratban 2, egyéb nemzetközi szakfolyóiratban 8, alkalmi konferencia-kiadványban 3 dolgozatunk jelent meg.

Konferencia-részvételek, tanulmányutak: Borkovitsné: 1995. LISA-II (ESO, Garching). Bíró, Hegedüs: 1995. okt. 9–13, Bécs, IAU 176. symposium „Stellar Surface Structure”. Borkovits: 1996, Florida University, USA, 1 hónap, fénygörbe-analízis (Wilson–Dewinney módszer). Bíró: 1996/97, IAC, Kanári-szigetek, 7 hónap, kataklizmikus változók, akkréciós korongok.

A korábbi évek gyakorlatának megfelelően három nemzetközi szimpóziumot szerveztünk, amely a tudományos témákon felül részben a hazai és külföldi professzionális és amatőr változócsillag-kutatók találkozási lehetősége is volt. A sorozat megszakadt, több okból is...

1995. április 26–27. „First Yugoslavian–Hungarian Astronomical Conference” (az MTA Csillagászati Kutatóintézetével és a Belgrádi Observatóriummal közösen). Anyagát a Belgrádi Observatórium adta ki.

1995. április 28–30. IAPPP Symposium '95 (CCD Techniques in Stellar Photometry) — az MTA Csillagászati Kutatóintézetével és az MCSE-vel közösen. Anyagából önálló kiadvány készült.

1996. október 26–27. IAPPP Symposium '96 (Photoelectric Observations of Variable Stars) — az MCSE-vel közösen. Anyaga az *IAPPP Communications* különszámában jelenik meg.

Oktatás

Hegedüs minden tavaszi félévben a pécsi Janus Pannonius Tudományegyetem Fizika Tanszékén a végzős hallgatóknak Kozmikus fizika (vizsgaköteles) kurzust adott elő. Borkovits és Bíró az ELTE Csillagászati Tanszéken az előadó külföldi útja alatt égi mechanikát tartott. 1997-től a JPTE átalakult Ál-

talános Fizika és Lézerspektroszkópia tanszékéhez került a csillagászat. Az átalakulás után gyakorlattal és egy előadással bővült tanszéki közreműködésünk.

A beszámolási időszakban Hegedüs PhD címet szerzett „Gravitációelméletek tesztelése fedési kettőscsillagok apszismozgásának vizsgálatával” című dolgozatával. Bíró és Borkovits PhD tanulmányokat folytat. 1995–97 között két TDK dolgozat és 5 szakdolgozat készült a bajai intézetben, illetve kollégáink témavezetésével.

A NAT kapcsán jelentkezett bajai általános és középiskolás szaktanárok csillagászat oktatásának koordinálását, szakmai továbbképzését és demonstrációs eszközökkel való támogatását végezzük.

Ismeretterjesztés, egyéb tevékenység

Lehetőségeinkhez mérten igyekszünk segíteni a térség bemutató csillagvizsgálóinak és amatőr csillagászainak tevékenységét. 1997-től negyedéves gyakorisággal hagyományteremtő módon a magyar „high-tech” amatőrök összefogását, tudományos megfigyelésekbe való bevonását és továbbképzését célzó hétvégi találkozók sorát nyitottuk meg (*BANACAT*).

Intézetünk a város és környéke kulturális életében is jelen van. Az intézet igazgatója a helyi TIT elnökségi tagja és a megyei tudományos tanácsadó testület tagja. Évről évre sikeres akcióink közé tartozik a hagyományossá vált őszi *Égre néző szemek* csillagászati kiállítás, amely az ország egyre több helyére eljut. Új programunk, amely komoly érdeklődést keltett, a középiskolások nyári tehetségkutató szaktábor. Ezt a jövőben is folyamatosan meg kívánjuk tartani. Egyhetes, bentlakásos intenzív tanfolyam, éjszakai észlelési gyakorlatok, tanulmányi kirándulások és vetélkedő alkotják a program gerincét.

1995 őszen bajai és neves országos előadókkal kísérleti előadássorozatot szerveztünk a helyi Eötvös József Tanítóképző Főiskolán *Környezetvédelem kozmikus szemszögből* címmel.

Minden évben csatlakozunk az MCSE Csillagászat Napja rendezvényeihez, melyet a helyi média is lelkesen támogat, továbbá az augusztusi Perseida meteorraj maximuma környékén mindig tartunk nyílt napot, amikor a városból több száz érdeklődő pillanthat bele az épület körül felállított távcsövekbe, kaphat szakcsillagásztól felvilágosítást az őket foglalkoztató kérdésekre.

Külső megrendelésre elkészítettük a Felső-Kiskunsági Kistérségi Informatikai Rendszert, amely kunszentmiklósi központi szerveren keresztül 11 települést köt össze modemekkel. 1995 januárja óta üzemeltetünk csillagászati WWW-t és ftp szervert (amely a non-stop üzemelő AstroBase BBS anyagát is tartalmazza, címe: <http://www.bajaobs.hu>).

Horváth András

A TIT Budapesti Planetárium működése 1996-ban

A Budapesti Planetárium 1996-ban is pozitívan zárta pénzügyi mérlegét és sikerrel bonyolította le a *Planetárium Igazgatók Világkonferenciájának*, a XII. IPDC-nek (*International Planetarium Director's Conference*) magyarországi részét. Ezt — a mintegy 31.4 millió Ft-os összbevétel mellett — az tette lehetővé, hogy jó volt a műsorok látogatottsága (a bevétel 61.7%-a), a TIT Szövetség Közgyűlése az állami dotációból, a XII. IPDC miatt, a korábbiakhoz képest többlettámogatásban részesítette a Planetáriumot (a bevétel 11.5%-a), folytatódott együttműködésünk a CompuDruggal (a bevétel 8.2%-a) és a Lézerszínházzal (a bevétel 5.1%-a), valamint a különféle cégek ismét igénybe vették rendezvényeikhez körfolyosónkat és kupolatermünket (a bevétel 5.1%-a), a vállalkozási és kamatbevételünk mintegy 3.2% volt, pályázatokból pedig 2.9% származott. Segítséget jelentett a Fővárosi Önkormányzat Kulturális Bizottsága kedvezményes planetárium-látogatási akciójának folytatása.

Műsorok, látogatottság, egyéb programok, kiállítások

1996 márciusában mutattuk be a nagyközönségnek Gesztesi Albert *Kozmikus katasztrófák* c. műsorát. Egy korábbi anyag alapján elkészült az *Üstökösök* című program, amelynek bemutatását a Hale–Bopp-üstökös szabadszemes láthatóságának idejére, 1997 márciusára időzítettük. A *Budapest és az 1100 éves Magyarország* (Gesztesi Albert) c. idegenforgalmi-ismeretterjesztő látvány-műsort, amelynek angol változata a XII. IPDC-re készült (*Hungary and Budapest*), már nyáron bemutattuk a nagyközönségnek. A műsor az IKM Országos Idegenforgalmi Hivatalának 1995-ös pályázatán nyert összegből készült el. Ugyancsak a planetáriumi világkonferenciára készült a *Hungarian Constellations* c. műsorunk. Ennek magyar nyelvű változata *Magyar csillagképek* címen 1997-ben került a hazai közönség elé.

A Budapesti Planetárium látogatószáma 1996-ban: 1238 iskolai és nagyközönségi műsorunkon 102 696 fő vett részt (ez 22%-os teremkihasználtságot, azaz 83 fős átlagnézettséget jelentett műsoronként). A planetáriumi műsorok 1996-os látogatószáma, 1995-höz képest mintegy 18%-ot csökkent. Ennek

egyik fő oka az, hogy az előző évhez képest 105-tel kevesebb előadást tartottunk, mert januárban három, szeptemberben pedig két hétre bezártunk. A Fővárosi Önkormányzat Kulturális Bizottsága által a budapesti iskolások szervezett csoportjainak nyújtott belépődíj-kedvezmény 1996 szeptemberétől novemberéig tartott. A három hónap alatt 6000 budapesti diák vette igénybe ezt a kedvezményes akciót. Ez az előző évinél lényegesen (62%-al) kevesebb diákot jelentett. Ennek a pályázati összeg csökkenése (600 000 Ft-ra) és a belépődíj árának emelkedése volt az oka.

Műsorfüzetünket a Budapesti Planetárium heti műsorrendjével négy alkalommal jelentettük meg.

A Planetárium könyvtára 1996-ben egy idegen- és 15 magyar nyelvű könyvet, 9 külföldi és 7 magyar folyóirat (felsorolásukat lásd *Csillagászati évkönyv 1997*) számaint szerezte be. Beszereztünk továbbá három, csillagászati információt tartalmazó CD ROM-ot (Üstökösök, HST, Hyakutake), valamint 11 audio CD-lemezt a műsorok kép- és hangillusztrációihoz.

A Magyar Csillagászati Egyesület a Planetáriummal közösen távcsöves bemutatókat szervezett. Az április 4-én a *Csillagászat Napja* alkalmából tartott rendezvény mintegy 200 főt, augusztus 23-án a Galileo-űrszondáról szóló kb. 150 főt, október 12-én pedig a *részleges napfogyatkozás* mintegy 2000 főt vonzott a Planetáriumhoz.

Körfolyosónkon *50-éves a magyar űrkutatás* címmel kiállítást rendeztünk hazai űrkutató intézmények és csoportok tablóból és műszereiből. A magyar űrrepülés 15. évfordulójára felújítottuk Farkas Bertalannak a Szaljut–6 űrállomáson végzett tevékenységével kapcsolatos tárgy- és műszerkiállítást, valamint februártól áprilisig *Az űrhajózás története* című óriás-LEGO kiállítást tekinthették meg a gyerekek és a nagyközönség.

Planetáriumi Igazgatók 12. Világkonferenciája (XII. IPDC)

1996. november 5–7. között a világ planetáriumainak igazgatói Budapesten kezdték 12. konferenciájukat, amelyet Bécsben és Prágában fejeztek be november 7–13. között.

A XII. IPDC-n 42 delegátus, illetve vendég vett részt Argentínából, Ausztriából, Csehországból, az Egyesült Államokból, Indiából, Japánból, Kánadából, Kínából, Lengyelországból, Magyarországról, Mexikóból, Németországból, Olaszországból, Portugáliából, Spanyolországból és Thaiföldről. A planetárium-igazgatók mellett öt, planetáriumi műszereket gyártó cég is képviseltette magát. A XII. IPDC budapesti és szombathelyi részén még további 30 magyar szakember és vendég vett részt.

A XII. IPDC budapesti részének fő témája a Budapesti Planetárium tevé-

kenységének, valamint a magyar űrkutatás 50 évének bemutatása volt (lásd az alábbi részletes magyarországi programot). A XII. IPDC hazai fogadtatása, sajtója és támogatottsága nagyon jó volt: a nyitófogadást dr. Schiffer János főpolgármester-helyettes, a búcsúvacsorát Kovács Kálmán, a Közlekedési, Hírközlési és Vízügyi Minisztérium államtitkára és dr. Dinya László a Művelődési és Közoktatási Minisztérium helyettes államtitkára adta. További segítséget nyújtott a TIT-vezetés, az Ipari és Kereskedelmi Minisztérium Országos Idegenforgalmi Hivatala, a X. kerületi és a szombathelyi polgármester, a Magyar Űrkutatási Iroda, az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottság, a Művészeti és Szabadművelődési Alapítvány (pályázatok), valamint a Nexus Kiadó.



8.3. ábra. A Planetárium Igazgatók Világkonferenciájának (XII. IPDC) megnyitása a Budapesti Planetáriumban 1996. november 5-én. Az elnökség (balról jobbra): Almár Iván, Schiffer János, Tófalvi Gyula, Piróth Eszter, Gabriel Muñoz, Dinya László

Magyarországi program

A XII. IPDC megnyitója a Budapesti Planetáriumban, hivatalos köszöntések:
Schiffer János, Dinya László, Piróth Eszter, Almár Iván.

XII. IPDC-ülés megnyitása: Gabriel R. Muñoz (az IPDC elnöke).

Gesztesi Albert: Budapest és az 1100 éves Magyarország (planetáriumi műsor).

1. Kovács Kálmán: A magyar űrkutatás helyzete

2. Tófalvi Gyula: A magyar Hold-radar és az ionoszféra-radar kísérlet,
3. Ferencz Csaba: 50 éves a magyar űrkutatás,
4. Apáthy István, Deme Sándor, T. Reiter (ESA): Az EUROMIR'95 program és a Pille'95 magyar doziméter mérési eredményei a Mir űrállomáson,
5. Tátrallyay Mariella: Magyar eredmények a Naprendszerkutatásban,
6. David H. Menke (USA): A planetárium sikere a változó világban,
7. Asuncion Sanchez (Spanyolország): A Madridi Planetárium első 10 éve,
8. Georg Reed (USA): Vakhit a csillagászatban és a planetáriumban,
9. Salin Weerabutra (Thaiföld): Thaiföldi csillagászati népi mondák,
10. Cui Shi-Zhu (Kína): Csillagászati ismeretterjesztés a Pekingi Planetárium-ban,
11. Almár Iván, Both Előd, Horváth András, Szabó Attila: SH atlasz Űrtan, egy új magyar asztronautikai kézikönyv,
12. Gesztesi Albert, Ponori Thewrewk Aurél, Mátis András: Magyar csillagképek,
13. Czelnai Rudolf: Áltudomány, tudományellenesség és (ál)információ,
14. Lukács Béla, Fejes István, Horváth András: A miocénkori naptevékenység tükröződése az égvűrűkben,
15. Fejes István, Both Előd, Horváth András: Ókori mérések pontosságának ellenőrzése űrgeodéziával Egyiptomban,
16. Vincze Ildikó: A Gothard Asztrofizikai Observatórium,
17. Vértes Ernő: A Gothard Amatőrcsillagászati Megfigyelő és Bemutató Csillagvizsgáló.

Pályázatok, műszaki fejlesztés, karbantartás

A Budapesti Planetáriumnak 1996-ban három sikeres pályázata volt (résztételeket lásd a beszámoló elején).

A műszaki fejlesztéseket 1996 januárjában és szeptemberében hajtottuk végre. Beépítettük a körfényeket, a Nap, a Hold, a bolygók, a csillagok és a Zeiss-panoráma fényét vezérlő új elektronikát. Elkészült a hat Ektapro Kodak-vetítőből álló új teljes-égbolt és panoráma vetítőrendszer. A Panasonic-videovetítőt átkábeleztük, a Barco-videovetítőt pedig beépítettük a planetárium-gép talapzatába. A Budapesti Planetárium vetítőrendszereinek vezérlésére egy AT-386 számítógépet állítottunk be a kupola vezérlőpultjába. Ehhez a géphez elkészítettünk egy Windows alatt használható számítógépi programot (*Ektapro*), amely alkalmas a régi Kodakokból álló (16-vetítés) és az új Kodak Ektapro-7000-ekből álló (6-vetítés) panoráma, valamint egyéb vetítőrendszerek automatikus, műsor közbeni vezérlésére.

Beszereztünk egy *Digidome* nevű számítógépi programot, amely alkalmas

digitalizált normál képeknek a — kupolára történő húrmenti vetítéshez alkalmas és egyéb formába történő — torzítására.

Személyi ügyek, utazások, egyebek

Horváth András a Budapesti Planetárium igazgatója 1996 tavaszán az MTA akkori elnökének, Kosáry Domokosnak a felkérésére az Akadémiai Elnöki Ismeretterjesztési Bizottságának titkára lett. 1996-ban is részt vett a TIT Szövetség szakmai fórumainak, a Magyar Űrkutatási Tanácsnak, a Magyar Asztro-nautikai Társaságnak, a Magyar Természettudományi Társaság Csillagászati és Űrkutatási szakosztályának, valamint az MTA Csillagászati Kutatóintézetének tevékenységében. 1996. november 7–13. között részt vett a XII. IPDC bécsi és prágai részén is, továbbá november 14–18. között részt vett a Marsz–96 program űrszondájának startján a Bajkonur Űrrepülőtéren.

Gesztesi Albert a Planetárium szakmai és műszaki igazgatóhelyettese az ELTE Tanárképző Főiskolai Kara Kiegészítő Tagozatának földrajz szakán továbbra is oktatta a csillagászati földrajzot, és befejezte a kurzusához tartozó főiskolai csillagászati földrajzi jegyzet írását.

Mátis András, csillagászati szakelőadónk továbbra is részt vett a Magyar Csillagászati Egyesület munkájában. Ő volt a planetáriumi felelőse az MCSE által szervezett és lebonyolított planetáriumi távcsöves bemutatóknak.

A műszaki csoportból távozott Kiss Gyula és Szuhane Imre. Helyükre Szmutku Antal került, aki elkezdte a felkészülést a műsorok lejátszásában való közreműködésre.

1995-től végzős egyetemi és főiskolai hallgatók: Agócs Attila és Bundschuh Bernadett űrkutatási témájú szakdolgozatukat Horváth András és Mátis András szakmai segítségével készítették el. Horváth András, Gesztesi Albert és Mátis András, a csökkenő lehetőségek szerint a sajtóban, a rádióban, a televízióban és meghívásos előadások formájában továbbra is aktív csillagászati és űrkutatási ismeretterjesztő tevékenységet folytatott.

Sok éves kérésünkre a Kincstári Vagyoni Igazgatóság megtervezte a rendkívül rossz állapotban lévő, rendszeresen beázó lapostetők teljes felújítását.

A körfolyosót és a kupolatermet szerződéses alapon 1996-ban is igénybe vették cégek és előadóművészek saját rendezvényeikre. Az alkalmi szerződések, a reklámtevékenység, a TIT-támogatás, a CompuDrug Standard Kft.-vel és az MSME Lézerszínházával kialakult költségmegosztás jóvoltából 1996-ban a mintegy 300 Ft-os önköltségű jegyeket 180, illetve 220 Ft-ért tudtuk adni, valamint az intézmény dolgozóinak a fizetését is emelni tudtuk.

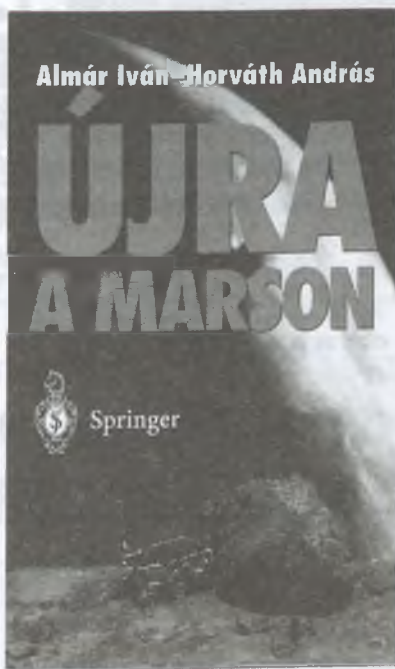
Almár Iván–
Horváth András:

Újra a Marson

A legfrissebb kutatási
eredményekkel!

Két ismert, kiváló
magyar űrkutató
szakember írt
érdekfeszítő könyvet
a Mars bolygóról, a vele
kapcsolatos korábbi és
újabb kutatási
eredményekről, az 1997
júliusában landolt
Pathfinder útjáról és
a Global Surveyor
legfrissebb adatairól.
A könyvben szereplő
képek még
izgalmasabbá teszik
az érdeklődők számára
a leírtakat.

Kapható
a könyvesboltokban,
vidéki városokban
a nagyobb
hírlapboltokban és
közvetlenül a kiadónál.
Ára: 490 Ft



**Springer Hungarica
Kiadó**

1043 Budapest,
Csányi László utca 36.
Telefon: 370-0599,
fax: 390-9075

HEGYISPORT

**hátizsákok, hálózsákok, sátrak,
túracipők, tájolók, Gore-Tex ruházat**

A MINŐSÉG VONZÁSA
csak öt percre a Kálvin tértől !

Budapest, IX. ker. Ráday u. 19.

☎ 217 65 36

Nyitva: hétköznap 10-18-ig, szombaton 9-14-ig

Az AstroTech KKT meglepetése 1998-ra: hazai gyártású CCD kamerák !

1997. IV. negyedévtől :

320x240 pixeles

AMA-KAM

1998. I. negyedévtől :

754x488 pixeles

MIDI-KAM

1998. III. negyedévtől :

1024x1024 pixeles

PRO-KAM

+ egész évben :

SBIG, ISYS, SpectraSource, SI CCD-k
Orion, Celestron, MEADE távcsövek
Csillagászati poszterek, szoftverek



Megrendelés, információ: 06/20-370-042, fax: 06/79-424-027

PENTIUM

SZÁMÍTÓGÉPEK TETSZŐLEGES
KIÉPÍTÉSBEN 3 ÉV GARANCIÁVAL

SZERVIZ

SZÁMÍTÓGÉP BŐVÍTÉS,
GARANCIAIDŐN TÚLI JAVÍTÁSOK!

NOTEBOOK

COMPAQ
PORTOCOM

GSM
telefonok

EPSON

 NYOMTATÓK TELJES VÁLASZTÉKA

SZOFTVEREK

TELJES VÁLASZTÉKA



EPSON, HP, CANON nyomtatók,
tartozékok, kiegészítők.
UMAX, EPSON szkennerek.
Multimédia, CD-ROM-ok, CD-írás.
DTP-rendszerek.
Modemek viszonteladóknak is,
GSM-adatátvitel.
Tartozékok, kiegészítő eszközök,
szakkönyvek széles választékával
és tanácsadással várjuk!

QWERTY COMPUTER

Alapítva: 1984-ben

1111 Budapest, Bartók Béla út 14.

Tel: 166-9377 (6 vonal) Fax: 185-2687



Faxinfo árlistákkal: 166-8292

Internet: [http:// www.qwerty.hu](http://www.qwerty.hu)

Nyitva: Hétfő - Péntek 10 - 18 óráig

A Magyar Csillagászati Egyesület tájékoztatója

Egyesületünk várja tagjai sorába mindazokat, akiket a csillagászat bármely területe érdekel! Kiadványainkkal, rendezvényeinkkel, tanácsainkkal segítjük tagjainkat és az érdeklődőket, hogy csillagászati ismereteket sajátíthassanak el, megfigyeléseket végezhessenek, távcsöveket építhessenek és kapcsolatot teremthessenek a hasonló érdeklődésűekkel.

Meteor — a Magyar Csillagászati Egyesület lapja

A *Meteor* havonta tájékoztat a csillagászat legújabb eredményeiről, az égbolton megfigyelhető jelenségekről, programjainkról. Tanácsokat ad csillagászati megfigyelések végzéséhez, csillagászati fotózáshoz, távcsőépítéshez, számítógépes programok készítéséhez stb. Kérjen ingyenes mutatóvényszámot!

Csillagászati évkönyv

Egyesületünk rendszeresen megjelenteti a *Meteor csillagászati évkönyvet*, amelyben minden fontosabb, hazánkból megfigyelhető égi jelenség előrejelzése, rövid magyarázata megtalálható (naptár, napkelte, holdkelte időpontja, holdfázisok, bolygók, kisbolygók, üstökösök, meteorrajok láthatósága, fogyatkozások, csillagfedések stb.). Évkönyvünket olvasmányos cikkek, beszámolók egészítik ki, így nélkülözhetetlen segédeszköz az amatőrcsillagászok és a csillagászat iránt érdeklődők számára.

Csillagászati táborok, észlelőhétvégék

Nyári táborainkat zavaró fényektől távoli megfigyelőhelyeken tartjuk. Táboraink kitűnő lehetőséget biztosítanak a csillagászat elméleti és gyakorlati alapjainak elsajátítására. Ifjúsági táborainkat a csillagászat iránt érdeklődő középiskolás korosztály számára szervezzük. Évente megtartott észlelő-távcsőépítő találkozónk az ország amatőrcsillagászai számára kiváló lehetőséget nyújt megfigyelések végzésére, tapasztalatszerzésre, műszereik fejlesztésére. Újholdas hétvégeken tartjuk megfigyelő-hétvégeinket, melyeken — időpont egyeztetés után — iskolai csoportok, szakkörök is részt vehetnek.

Ügyelet, távcsőépítési szaktanácsadás

Budapesten — tanítási időszakban — keddenként 18 órától tartunk ügyeletet a BME R Klubjában (Budapest, XI. Műegyetem rakpart 9.). Előadássorozatainkat is ezen a helyszínen tartjuk.

A Magyar Csillagászati Egyesület az Interneten

Amennyiben hozzáfér az Internethez, tekintse meg honlapunkat az alábbi címen:
<http://www.mcse.hu>

Csillagászati előadások, távcsöves bemutatások

Egyesületünk kihelyezett távcsöves bemutatásokat és ismeretterjesztő előadásokat vállal iskolák és művelődési intézmények számára. Címünk:

Magyar Csillagászati Egyesület, 1461 Budapest, Pf. 219.

Tel.: 186-2313, E-mail: mcse@mcse.hu

1998-as programjainkból

Március 28. Közgyűlés. Az MCSE-közgyűlés tervezett helyszíne a budaörsi Jókai Mór Művelődési Ház. Az év első nagyobb csillagászati rendezvénye! A tervezett programból: ismeretterjesztő előadások, távcsöves bemutatás, szoftverbörze, csillagászati javak vására, asztrofotós kiállítás stb.

Április 4.: A Csillagászat Napja. Hagyományainkhoz híven ismét az égbolt alatt ünnepeljük a Csillagászat Napját. Az est első számú célpontja az első negyedben lévő Hold.

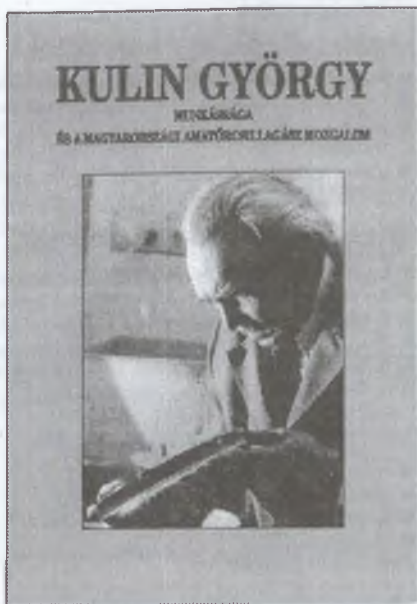
Július 24–augusztus 2. Ifjúsági csillagásztábor (júl. 24–31.) és **Meteor '98 Távcsöves Találkozó** (júl. 31–aug. 2.) a Magyar Csillagászati Egyesület szervezésében. Az év legnagyobb csillagászati rendezvénye, melyen hagyományosan több száz amatőr vesz részt. A távcsőtulajdonosok számára kiváló lehetőség a különféle amatőr-távcsövek összehasonlítására, tesztelésére.



ASTRONOMY DAY



A *Meteor* havonta tájékoztat a csillagászat legújabb eredményeiről, a csillagos égen megfigyelhető jelenségekről, az MCSE tevékenységéről, a tagok számára szervezett programokról. **A Meteort az MCSE pártoló tagjai ingyenesen, illetményként kapják.**



Egyesületünk emlékfüzetét jelentetett meg, amelyben alapítónk, Kulin György munkásságát, az általa létrehozott amatőr-csillagászati szervezetek eredményeit mutatjuk be. A gazdagon illusztrált kiadvány az eddigi legteljesebb képet adja Kulin György tevékenységéről.

Csillagászati évkönyvek megrendelése

Egyesületünk évről évre megjelenteti a Meteor csillagászati évkönyvet. A kötetekben — az égbolt aktuális jelenségei mellett — számos, jelenleg is aktuális cikk, összefoglaló jelent meg. Az egyes kötetek árát — amely a postaköltséget is tartalmazza — az ismertetések után tüntettük fel. A zárójelben szereplő összegek az MCSE-tagokra vonatkozó kedvezményes árak. Évkönyveink a Magyar Csillagászati Egyesület postacímén **(1461 Budapest, Pf. 219.)** rendelhetők meg, rózsaszín postautalványon. A hátoldalon kérjük feltüntetni az összeg rendeltetését!

Meteor csillagászati évkönyv 1993

- Csillagfoltok — foltos csillagok *(csillagfoltok modellezése fénygörbék alapján)*
- Új eredmények — régi változócsillag-megfigyelésekből *(a változócsillagászatban felhasználható évszázados és régebbi megfigyelések)*
- A Nagy Vörös Folt kutatásának története *(a Jupiter legfeltűnőbb alakzatának megfigyelései és azok magyarázata)*
- A Mars a (még mindig) időszerű bolygó *(a Vörös Bolygó és az amatőrök észlelési lehetőségei)*

Ára: 200 Ft (150 Ft)

Meteor csillagászati évkönyv 1994

- Működő és tervezett óriástávcsovek *(az óriástávcsovek tíz éve)*
- Tetten ért csillagfejlődés *(az FG Sagittae meglepő változásai)*
- Milyen a Nap röntgen fényben? *(szemelvények a Yohkoh mesterséges hold eredményeiből)*
- Vissza a Holdra! *(észlelési útmutató amatőrök számára)*

Ára: 300 Ft (250 Ft)

Meteor csillagászati évkönyv 1995

- Egy üstökös pusztulása *(a Jupiterbe csapódott a P/Shoemaker-Levy 9 üstökös)*
- Barna törpe csillagok mint gravitációs lencsék *(a sötét anyag problémája)*
- A Hubble-állandó *(kérdések a kozmikus távolságskála körül)*
- Molekuláris rádiócsillagászat *(egy harminc éves tudományterület)*
- A holdfedések előrejelzése *(a Hold csillagfedései)*

Ára: 400 Ft (300 Ft)

Meteor csillagászati évkönyv 1996

- A csillagászat legújabb eredményei
- Újdonságok a naprendszerkutatásban
- Korunk problémája, a fényszennyezés
- 50 éves az MCSE

Ára: 500 Ft (400 Ft)

Meteor csillagászati évkönyv 1997

- A csillagászat legújabb eredményei
- Az ezredvég üstököse
- Más csillagok bolygóinak felfedezése
- Az Internet a csillagászatban
- Csillagászati kódexek a Corvina Könyvtárban

Ára: 600 Ft (500 Ft)

Meteor csillagászati évkönyv 1998

Felhívjuk az iskolák, csillagászati szakkörök, bemutató csillagvizsgálók és a csillagászati szervezetek figyelmét, hogy legalább 10 példány megrendelése esetén 25%-os kedvezményt adunk!
A Meteor csillagászati évkönyv 1998 a Magyar Csillagászati Egyesülettől rendelhető meg!

1461 Budapest, Pf. 219.

E-mail: mzs@mcse.hu, tel.: 186-2313

Megrendelhető kiadványaink

Meteor csillagászati évkönyv 1993	200 Ft (150 Ft)
Meteor csillagászati évkönyv 1994	300 Ft (250 Ft)
Meteor csillagászati évkönyv 1995	400 Ft (300 Ft)
Meteor csillagászati évkönyv 1996	500 Ft (400 Ft)
Meteor csillagászati évkönyv 1997	600 Ft (500 Ft)
Meteor csillagászati évkönyv 1998	750 Ft
<i>(rendes és pártoló tagjaink illetményként kapják!)</i>	
A Meteor 1991-es évfolyama (10 szám)	800 Ft (700 Ft)
A Meteor 1992-es évfolyama (12 szám)	800 Ft (700 Ft)
A Meteor 1996-os évfolyama (12 szám)	1300 Ft (1100 Ft)
A Meteor 1998-as évfolyama	2240 Ft
<i>(pártoló tagjaink illetményként kapják!)</i>	
Csillagok a Bibliában	850 Ft (750 Ft)
Csillagok távcsővégen	850 Ft (750 Ft)
Kulin György munkássága	250 Ft (200 Ft)
Konkoly Thege Miklós emlékezete	100 Ft (80 Ft)
Fényi Gyula emlékezete	160 Ft (130 Ft)
Hordozható napórák (katalógus)	250 Ft (200 Ft)
Magyarország rögzített napórái (katalógus)	500 Ft (400 Ft)
MCSE-képeslapok (4 db-os Konkoly-sorozat)	80 Ft (60 Ft)
Meteorészlelő térképsorozat	200 Ft (180 Ft)
Változócsillag katalógus (II. kiadás)	180 Ft (160 Ft)
Változócsillag fénygörbék 1988–1992	180 Ft (160 Ft)
Pleione Csillagatlasz (a hazánkból látható csillaggepek; hmg= 7,0)	300 Ft (250 Ft)

A fenti kiadványok az **MCSE postacímén** (1461 Budapest, Pf. 219.) rendelhetők meg rózsaszín postaútválványon, hátoldalon a tétel(ek) megnevezésével. Áraink a postaköltséget is tartalmazzák. A zárójelben lévő összegek az MCSE tagjaira vonatkoznak.



Belépési nyilatkozat

Kérem felvételemet a Magyar Csillagászati Egyesületbe!

Név:

Cím:

Szül. dátum: év hó nap

Telefonszám:

rendes tagként (a tagdíj összege 1998-ra 1100 Ft, illetmény:

Meteor csillagászati évkönyv 1998, MCSE Közlővel)



pártoló tagként (a tagdíj összege 1998-ra 2200 Ft, illetmény:

Meteor csillagászati évkönyv 1998 és az MCSE Meteor c. havi folyóirata)



A tagdíjat a jelentkezési lappal egyidejűleg az MCSE címére
(1461 Budapest, Pf. 219.) kérjük feladni rózsaszín postaútválványon!

Színes képek

M1. ábra. Tipikus echelle spektrum. (A csillagok színeképe című cikkünkhöz)

M2. ábra. A SOHO napkutató műhold felvétele a napkoronáról 1996.12.23-án 02^h 47^m UT-kor. A képen jól látható a napkorona, sőt a csillagok is! A felvétel készítésekor éppen egy napűrlő üstökös közelített a Naphoz. (A SOHO első eredményeiből című hírhez)

M3. ábra. A Föld tengelyhajlás-változásának kaotikus tartományai, ha a Hold nem létezne. A bal oldalon a precesszió szögsebessége (^{''}/év), a jobb oldalon a megfelelő rotációs periódus, a vízszintes tengelyen a fokban mért tengelyhajlás szerepel. A kék tartományok a stabil régiók, itt bármelyik pontból kiinduló megoldás esetén a tengelyhajlás csak mérsékelten változik. A vörös és narancssárga tartományok a kaotikus zónák. Ezek pontjaiból kiinduló megoldásoknál a tengelyhajlás már néhány millió év alatt igen nagy változásokat szenved. Az ábra a precessziós egyenletek kb. 250 000 numerikus integrálásának eredményeit összegzi. A bal felső sarokban együtt szereplő Föld és Hold a jelenlegi stabil helyzetet érzékelteti. (Új eredmények a Naprendszer égi mechanikájában című cikkünkhöz)

M4. ábra. Amatőrcsillagászaink felvételeiből. Az M81 és az M82 jelű galaxisok az Ursa Maiorban. Szitkay Gábor felvétele 15.5 cm-es Starfire refraktorról, 1997.03.31-én. (Kodak Pro Gold 400 film, 45 perc expozíció)

M5. ábra. Az M13 gömbhalmaz a Herculesben. Szitkay Gábor felvétele 15.5 cm-es Starfire refraktorról, 1997.03.31-én. (Kodak Pro Gold 400 film, 60 perc expozíció)

M6. ábra. A Hale–Bopp-üstökös. Pócsai Sándor fotója 1997.03.31-én készült, 4/200-as teleobjektívvel (Fujicolor 400 G Plus film, 20 perc expozíció, kézi vezetés)

M7. ábra. A címlapon látható Orion-köd felvétel kinagyított részletein jól láthatók a propidok (protoplanetáris korongok), amelyek feltételezhetően születő bolygórendszerek. (Mik azok a propidok? című hírünkhöz)

M8. ábra. A Pisztolý-köd, benne az eddig ismert legnagyobb tömegű és fényerejű csillag. A Hubble űrtávcső közeli infravörös felvétele

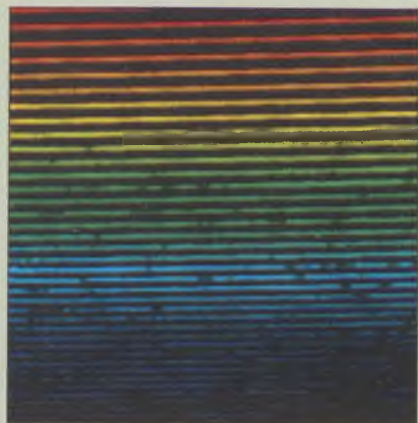
M9. ábra. A Hale–Bopp-üstökös 1997.04.01-jén 21^h 30^m UT-kor. A hamis színes felvételt F. Colas, C. Birbaum és E. Frappa készítette a Pic du Midi Observatórium 55 cm-es reflektorával. Jól megfigyelhetők a mag körüli nagyobb sűrűségű héjak

M10. ábra. Épül a VLT (Véry Large Telescope, Nagyon Nagy Távcső) a chilei Cerro Paranalon. A négy, egyforma, 8,2 m-es távcsőből álló műszeregyüttes első kupolájában 1997 nyarán már felállították a műszer fő szerkezeti elemeit. A VLT várhatóan 2000 folyamán lép üzembe

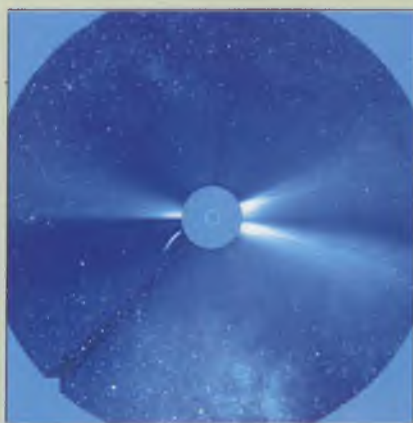
B4. ábra. A Jupiter négy legnagyobb holdja, az Io, az Europa, a Ganymedes és a Callisto azonos méretarányban, a Galileo űrszonda felvételein

B5. ábra. Változások az Io felszínén. A képen a Pele-vulkán környezetét látjuk a Voyager–1, a Voyager–2 és a Galileo űrszonda felvételén

Hátsó borító: Hamisszínes mozaikfelvétel a Jupiter északi félgömbjéről. A Galileo űrszonda képe közeli infravörösben készült, 1997.04.03-án, 1.4 millió km-re a Jupitertől. A legkisebb még megfigyelhető részlet néhányszor 10 km-es

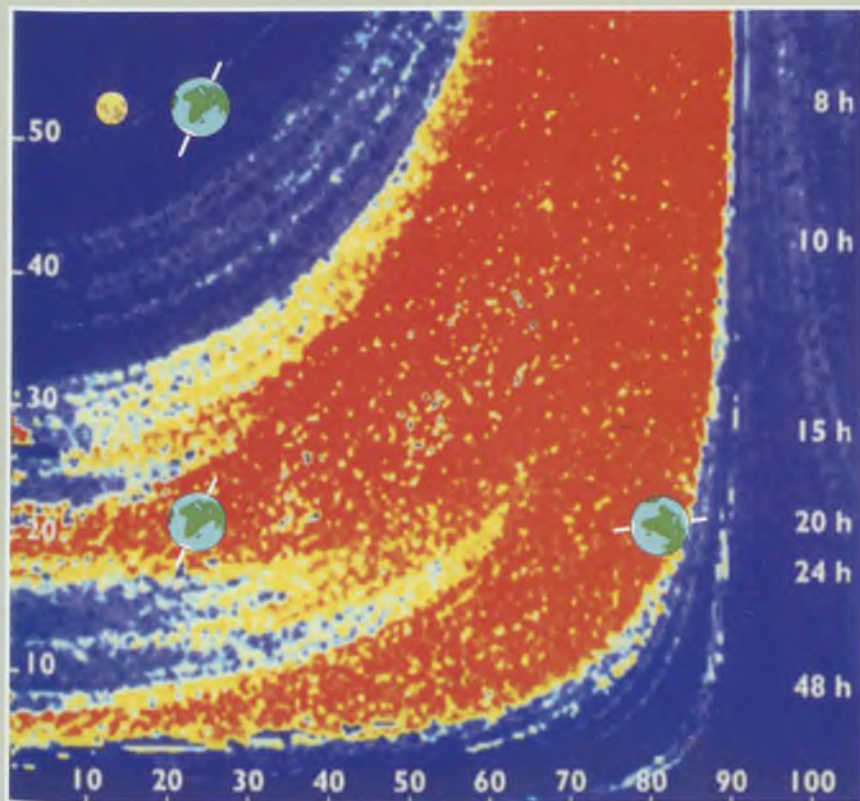


M1



M2

M3





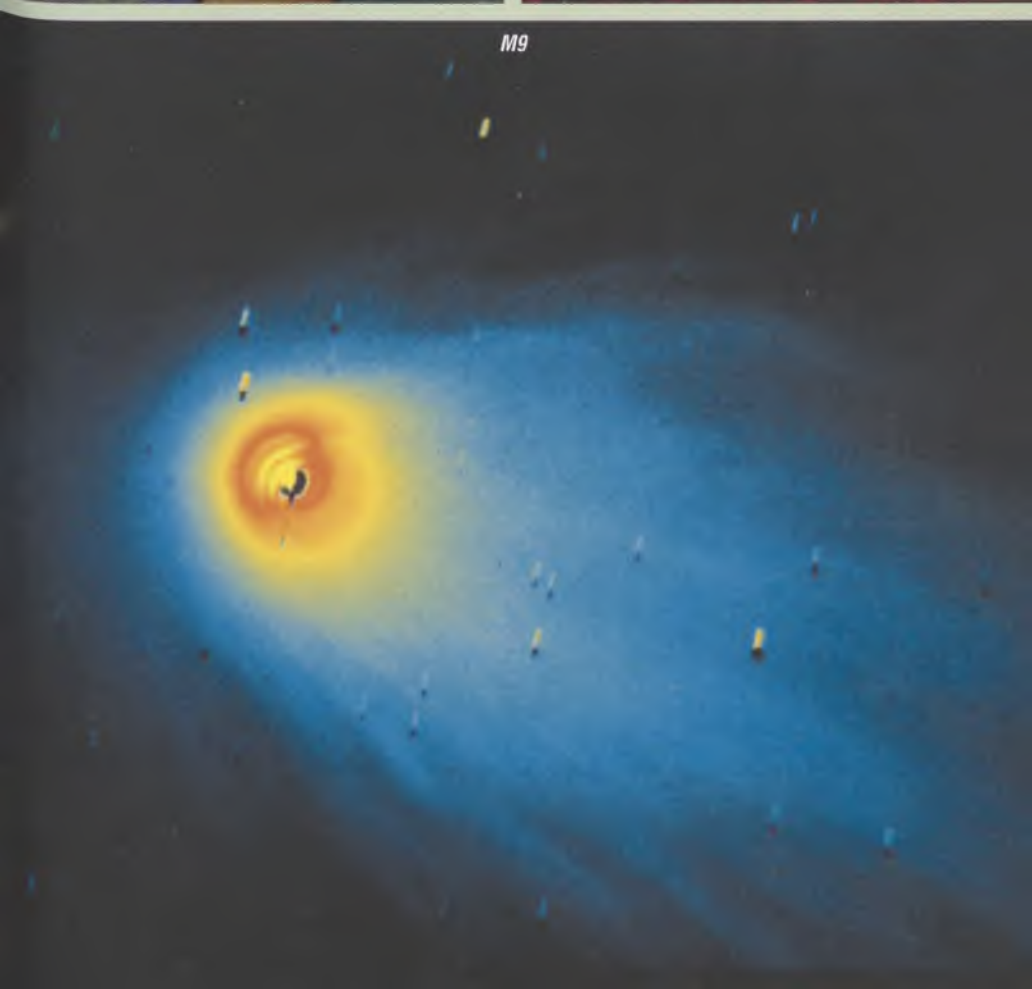
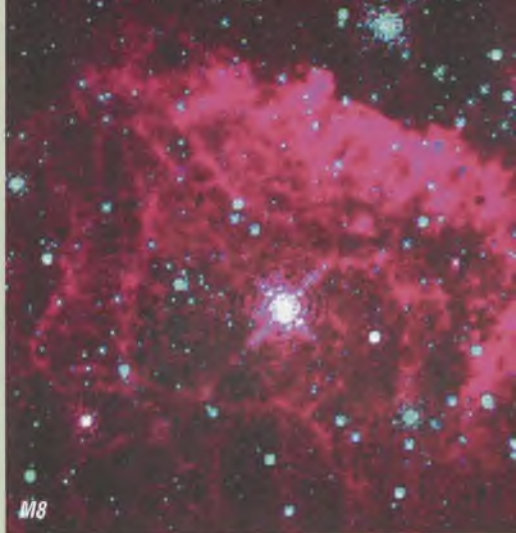
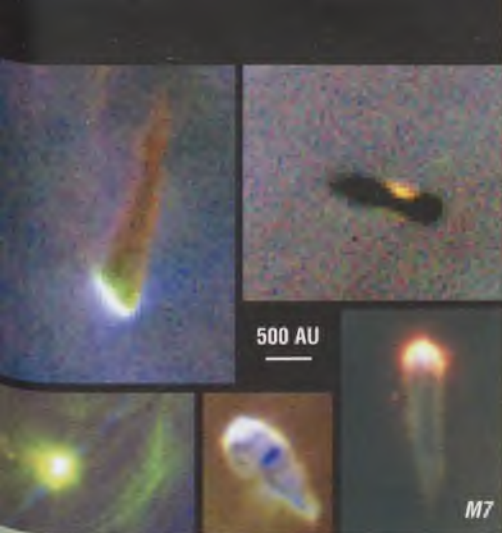
M4



M5



M6





M10





B4

B5



